

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**EVALUACIÓN TECNICO-ECONOMICA DE CIMENTACIONES EN TERRENO
CON BAJA CAPACIDAD PORTANTE, CASO: EDIFICIO MARAÑON DE
HUAMACHUCO, LA PERLA, CALLAO 2019**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR

BACH. ROA ALVARADO, RENZO ORLANDO.

BACH. VIDAL SAENZ, OSCAR.

ASESOR: ING. GÁRATE CÁCERES, FRANCISCO HÉCTOR

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, por darme fuerza para emprender y continuar esta investigación. A mis padres y abuela, quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional en todo momento. Y a los compañeros de estudio que siempre estuvieron dispuestos a compartir sus conocimientos a lo largo de mi vida universitaria.

Renzo Roa Alvarado

Dedico esta tesis a mis padres Oscar y Marilú, que siempre me apoyaron en todo momento durante todos estos años en mi formación académica, a mis abuelas Luzmila y Luz por todo el cariño y afecto que me dieron desde niño y a mis padrinos Lola y Luis, por servirme de ejemplo en todo momento.

Oscar Vidal Sáenz

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento especial a la Universidad Ricardo palma la cual nos abrió las puertas para formarnos profesionalmente.

A nuestros profesores por su disposición a enseñar y compartir sus experiencias, quienes nos motivaron a seguir adelante y cuyo apoyo fue invaluable en nuestra carrera.

Y a todos aquellos compañeros quienes siempre nos brindaron aliento y ayuda en los momentos más difíciles de la carrera.

Renzo Roa y Oscar Vidal

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1 Marco Situacional	2
1.2 Planteamiento del Problema.....	2
1.3 Formulación y Delimitación del Problema	2
1.3.1 Problema General	2
1.3.2 Problemas Específicos.....	2
1.4 Importancia y justificación del estudio	3
1.5 Limitaciones del estudio.....	3
1.6 Objetivos	3
1.6.1 Objetivo General	3
1.6.2 Objetivos Específicos	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1 Marco histórico (Antecedentes)	5
2.2 Investigaciones relacionadas con el tema.....	5
2.2.1 Investigaciones Nacionales	5
2.2.2 Investigaciones Internacionales.....	6
2.3 Cimentaciones	8
2.3.1 Tipos de Cimentaciones	9
2.4 Capacidad Portante.....	15
2.5 Interacción Suelo - Estructura	16
2.6 Coeficiente de Balasto.....	18
2.7 Definición de términos básicos	20
CAPITULO III: SISTEMA DE HIPOTESIS	22
3.1 Hipótesis.....	22
3.1.1 Hipótesis General	22
3.1.2 Hipótesis Específicas.....	22
3.2 Variables	22
3.2.1 Identificación y definición de variables	22
3.2.2 Operacionalización de las variables e indicadores	24

CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
4.1 Tipo y método de investigación	25
4.1.1 Método de investigación	25
4.1.2 Tipo de investigación	25
4.2 Nivel de investigación.....	25
4.3 Diseño de investigación	25
4.4 Población de estudio.....	25
4.5 Diseño Muestral	26
4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
4.7 Procedimientos para la recolección de datos.....	26
4.8 Técnicas de procesamiento y análisis de Datos.....	26
CAPITULO V: MODELAMIENTO Y DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN.....	27
5.1 Generalidades sobre el diseño	27
5.2 Estructuración y Pre Dimensionamiento.....	30
5.2.1 Predimensionamiento De Vigas	30
5.2.2 Predimensionamiento De Columnas	31
5.2.3 Predimensionamiento De Losas	32
5.2.4 Predimensionamiento De Altura De Zapata.....	32
5.3 Sistema estructural y datos del modelo	32
5.4 Análisis y diseño estructural	37
5.4.1 Cargas consideradas para el diseño	38
5.4.2 Modelamiento estructural en el software ETABS 2016 v16.2.1	41
5.4.3 Masas para el análisis dinámico modal y sísmico	43
5.4.4 Análisis sísmico.....	44
5.4.5 Fuerza cortante mínima	54
5.4.6 Verificación de desplazamientos permisibles según Norma E.030-2018	56
5.4.7 Verificación de irregularidades según Norma E.030-2018	56
5.4.8 Combinaciones y Resultados del análisis estructural	59
5.4.9 Exportación de cargas del modelo hacia el software SAFE 2016 v16.0.2.....	60
5.4.10 Definición de elementos estructurales en el software SAFE 2016 v16.0.2.....	63
5.4.11 Verificación de presiones, diseño por punzonamiento y diseño por flexión.....	70
5.4.12 Diseño de la losa de cimentación	74
CAPITULO VI: EVALUACION ECONÓMICA Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS... 80	80
6.1 Consideraciones	80

6.1.1	Alternativa de zapatas aisladas, conectadas y combinadas	80
6.1.2	Alternativa de losa de cimentación	80
6.2	Metrados.....	81
6.3	Cotización de Alternativas	82
6.4	Discusión y contrastación de Hipótesis.....	85
	CONCLUSIONES	86
	RECOMENDACIONES	87
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
	ANEXOS	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ilustración de una Zapata Aislada.....	11
Figura 2: Ilustración de una Zapata Combinada.....	12
Figura 3: Ilustración 3D de una Zapata Conectada	13
Figura 4: Platea de cimentación vaciada en obra	14
Figura 5: Ilustración de instalación de Pilotes Prefabricados in-situ	15
Figura 6: Falla por capacidad de carga en suelo bajo una cimentación rígida corrida.....	16
Figura 7: Ensayo Plato de carga	18
Figura 8: Coeficiente de Balasto	19
Figura 9: Planta del 1er nivel de la edificación	28
Figura 10: Planta típica del 2do al 4to nivel de la edificación	29
Figura 11: Luz más crítica entre columnas.....	30
Figura 12: Área tributaria ocupada por la columna más crítica	31
Figura 13: Cuadro de columnas.....	33
Figura 14: Viga VP-25x40	33
Figura 15: Viga VS-25x20	33
Figura 16: Viga VCH-30x20	34
Figura 17: Viga VA-15x20.....	34
Figura 18: Detalle de losa aligerada en una dirección.....	34
Figura 19: Estructuración típica en planta.....	36
Figura 20: Propiedades del material concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	39
Figura 21: Propiedades del material albañilería $f'm = 65 \text{ kg/cm}^2$	40
Figura 22: Propiedades del material acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	41
Figura 23: Modelo de la edificación en software ETABS 2016	42
Figura 24: Detalle de elementos tipo Shell en el Modelamiento.....	42
Figura 25: Vista en planta del modelo matemático (piso típico).....	43
Figura 26: Definición de masa sísmica.....	44
Figura 27: Parámetros para diseño Sismorresistente según Norma E030-2018.....	45
Figura 28: Espectro de Respuesta Resultante según Norma E.030-2018.....	48
Figura 29: Definición de Sismo Dinámico en la dirección X.....	48
Figura 30: Definición de Sismo Dinámico en la dirección Y.....	49
Figura 31: Tres primeros modos de vibración.....	52
Figura 32: Distribución de fuerzas cortantes en la dirección X	53
Figura 33: Distribución de fuerzas cortantes en la dirección Y	53
Figura 34: Definición del sismo de diseño en la dirección X.....	55
Figura 35: Definición del sismo de diseño en la dirección Y.....	55
Figura 36: Detalle de definición de envolvente.....	60
Figura 37: Opciones de exportación al SAFE 2016 v16.2.1	61
Figura 38: Estados de carga exportados	61

Figura 39: Combinaciones de carga exportadas	62
Figura 40: Cargas de gravedad y sísmicas exportadas al SAFE 2016 v16.2.1	62
Figura 41: Definición de zapata.....	63
Figura 42: Definición de cimiento corrido	64
Figura 43: Definición de viga de cimentación.....	65
Figura 44: Definición del suelo	67
Figura 45: Cargas en el punto especificado.....	68
Figura 46: Cimentación propuesta I	69
Figura 47: Desplazamientos producidos en la zapata.....	70
Figura 48: Diagrama de esfuerzos efectivos producidos en la zapata	71
Figura 49: Variación del factor de punzonamiento en toda la cimentación	72
Figura 50: Opciones de resultados de cantidad de acero en la cimentación.....	73
Figura 51: Variación de cantidad de acero en la zapata	74
Figura 52: Definición de losa	75
Figura 53: Definición de vigas de nervadura.....	76
Figura 54: Cimentación propuesta 2.....	77
Figura 55: Diagrama de presiones en la losa.....	78
Figura 56: Verificación por punzonamiento en losa	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Definición de Variables.....	22
Tabla 2: Operacionalización de Variables e indicadores.....	24
Tabla 3: Factores de Irregularidad según Norma E030.....	37
Tabla 4: Cargas de análisis por gravedad.....	38
Tabla 5: Parámetros para análisis modal-espectral.....	44
Tabla 6: Cálculo de puntos para espectro de pseudo-aceleraciones.....	46
Tabla 7: Cálculo de factores escala en dirección X e Y.....	50
Tabla 8: Factor de Masa Participativa.....	51
Tabla 9: Cálculo de Fuerzas cortantes máximas en dirección X e Y.....	52
Tabla 10: Cortantes según tipo de análisis y Factores de escala.....	54
Tabla 11: Verificación de Derivas en la dirección XX.....	56
Tabla 12: Verificación de Derivas en la dirección YY.....	56
Tabla 13: Verificación de Irregularidad extrema de rigidez en la dirección XX.....	57
Tabla 14: Verificación de Irregularidad extrema de rigidez en la dirección YY.....	57
Tabla 15: Verificación de Irregularidad extrema de resistencia en la dirección XX.....	58
Tabla 16: Verificación de Irregularidad extrema de resistencia en la dirección YY.....	58
Tabla 17: Verificación de Irregularidad torsional extrema en la dirección XX.....	59
Tabla 18: Verificación de Irregularidad torsional extrema en la dirección YY.....	59
Tabla 19: Valores de capacidad portante en función al coeficiente de Balasto.....	66
Tabla 20: Metrados de zapatas aisladas, conectadas y combinadas.....	81
Tabla 21: Metrados para alternativa de losa de cimentación.....	82
Tabla 22: Presupuesto de zapatas aisladas, conectadas y combinadas.....	82
Tabla 23: Presupuesto para alternativa de Losa de Cimentación.....	84
Tabla 24: Resumen comparativo.....	85

RESUMEN

El presente trabajo de investigación abordó el problema de brindar la solución de cimentación más económica para el edificio multifamiliar Marañón de Huamachuco, localizado en La Perla, Callao, el cual se ubica en un terreno con baja capacidad portante (1.00 kg/cm^2). Para este fin se modeló la arquitectura del edificio en el software ETABS 2016 v16.2.1, de acuerdo a los requerimientos mínimos que exige la norma E.030-2018 y conforme a ello se ideó dos opciones de solución: la primera comprendida por el uso único de zapatas aisladas, conectadas y combinadas, y la segunda una losa de cimentación. Con el fin de averiguar las dimensiones de cada opción de cimentación, se estudió el comportamiento estructural de cada alternativa en el software SAFE 2016 v16.0.2, con el cual se pudo formular la configuración necesaria de ambas cimentaciones para cumplir con las solicitudes y comprobaciones exigidas por la Norma E.030 y E.70. Posterior a este proceso, se procedió a realizar un metrado y presupuesto de ambos planos estructurales, obteniéndose como resultado que, aunque por sólo 5.16%, la alternativa de losa de cimentación es la más económica para éstas condiciones.

Palabras clave: Cimentaciones, capacidad portante, evaluación técnico-económica.

ABSTRACT

This research paper addressed the problem of providing the most economical foundation solution for the multifamily building Marañón de Huamachuco, located in La Perla, Callao, which is located on a land with low bearing capacity (1.00 kg / cm²). For this purpose, the architecture of the building was modeled in the ETABS 2016 v16.2.1 software according to the statutes prescribed in the E.030-2018 norm. From this modeling, two solution options were devised: the first option consisting of the only use of isolated, connected and combined footings, and the second of a raft foundation. In order to find out the dimensions of each foundation, the structural behavior of each alternative was studied in the SAFE 2016 v16.0.2 software, with which the necessary configuration of both alternatives could be formulated to meet the required loads and checks by the E.030 and E.070 norms. After this process, a quantification of materials is performed and a budget of both structural plans is carried out, obtaining as a result that, although by only 5.16%, the raft foundation alternative is the most economical option for the specific conditions of this project.

Keywords: Foundations, bearing capacity, technical-economic evaluation

INTRODUCCION

Las cimentaciones son una parte fundamental de todas las construcciones realizadas por la ingeniería, ya que son las encargadas de transmitir las cargas de los elementos que soportan hacia el terreno. Este último en muchos casos no es lo suficientemente resistente como para soportar el peso de la edificación, lo cual hace necesario el aumento en dimensiones de la cimentación proyectada y con esto, incrementando también los costes del proyecto.

El caso del edificio multifamiliar Marañón de Huamachuco es el descrito anteriormente, el cual presenta un terreno con baja capacidad portante (1.00 kg/cm^2). El presente trabajo analizará dos posibles sistemas de cimentación con el objetivo de minimizar la influencia en el costo de ésta condición lo máximo posible.

En el capítulo uno se explican las generalidades del proyecto, su ubicación y las problemáticas a resolver en el transcurso de la investigación, así como los objetivos trazados para lograr determinar la solución más adecuada.

En el capítulo dos se exploran investigaciones previas que sirven como referente para los procesos a realizar en esta tesis, como también las hipótesis y conceptos generales que se utilizaran en el posterior diseño de las alternativas.

En el capítulo tres se muestra la metodología a seguir en el trabajo de investigación, las variables que tendremos presentes a evaluar y su desglose en indicadores y dimensiones.

En el capítulo cuatro se presenta el modelamiento y diseño de la arquitectura y opciones de cimentación para el proyecto en estudio, en conjunto con las comprobaciones exigidas por la norma E.070.

En el capítulo cinco se cuantifican los insumos necesarios para la realización de cada alternativa de cimentación, con lo que posteriormente se calcula el precio de cada una, dato con el cual se pudo concluir cual sistema de cimentación es el más idóneo.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Marco Situacional

El proyecto de vivienda multifamiliar: Marañón de Huamachuco ubicado en la calle N°2 Mz. H, Lt 16, Urb. Santa Luisa 1era etapa, Distrito de la Perla – Provincia del Callao, está proyectado a cimentarse sobre un suelo de fundación cuya capacidad portante es baja (1.00 kg/cm²). Característica que dificulta el diseño del proyecto.

1.2 Planteamiento del Problema

Debido a la poca capacidad portante del terreno, se decidió realizar un estudio técnico-económico planteando 2 alternativas de sistemas de cimentación, la primera, utilizando únicamente una losa de cimentación, y la segunda, utilizando zapatas aisladas, combinadas y conectadas simultáneamente, con el fin de conocer cuál alternativa cumple las exigencias de las normas E.030 y E.070 con la menor inversión posible.

1.3 Formulación y Delimitación del Problema

1.3.1 Problema General

¿Cuál es el tipo de cimentación que cumple los requisitos estructurales mínimos (según la norma E070) por el menor precio posible para el diseño del edificio multifamiliar: Marañón de Huamachuco ubicado en La Perla, Callao, al 2019?

1.3.2 Problemas Específicos

- a) ¿Qué configuración estructural cumple los requisitos mínimos estructurales (de las normas E070) para cada alternativa de cimentación de la edificación multifamiliar Marañón de Huamachuco?
- b) ¿Cuál es el metrado para cada diseño de alternativa de cimentación para la edificación multifamiliar Marañón de Huamachuco?
- c) ¿Cuál es el precio para cada alternativa de cimentación de la edificación multifamiliar Marañón de Huamachuco?

1.4 Importancia y justificación del estudio

Teórica: Se hará uso de los conceptos y software aprendido en la etapa de estudio universitario, así como también de competencias adquiridas en entidades externas; haciendo hincapié en la teoría de diseño de cimentaciones y los softwares de diseño ETABS 2016 v16.2.1y SAFE 2016 v16.0.2.

Práctica: Al determinar la alternativa óptima para estas condiciones, esta investigación servirá como referente que ayude a plantear una solución a proyectos con similares condiciones de suelo y de ubicación.

Social: Busca beneficiar a los ingenieros y constructores que deseen hacer un proyecto en el distrito de La Perla, para que puedan tener una estimación del costo y las condiciones de cimentación que obtendrán al realizar un proyecto.

1.5 Limitaciones del estudio

La investigación tomará lugar en el Distrito de la Perla – Provincia del Callao, lugar donde está proyectada la edificación multifamiliar, así como también el costo estará proyectado para el periodo Mayo-noviembre del 2019. Se evaluará cimentaciones de zapatas aisladas, zapatas combinadas, zapatas conectadas y losas de cimentación, obviando abordar las cimentaciones profundas.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Determinar la alternativa de diseño de cimentación más económica y que cumpla los requisitos estructurales del edificio multifamiliar: Marañón de Huamachuco ubicado en La Perla, Callao, al 2019.

1.6.2 Objetivos Específicos

- a) Conocer para cada alternativa de cimentación, las áreas y dimensiones que cumplen las solicitaciones estructurales de la edificación multifamiliar Marañón de Huamachuco.
- b) Cuantificar las cantidades de materiales necesarios para la realización de cada alternativa de cimentación la edificación multifamiliar Marañón de Huamachuco.
- c) Determinar el costo de cada alternativa de cimentación de la edificación multifamiliar Marañón de Huamachuco.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico (Antecedentes)

Diversos autores en sus respectivas publicaciones han abordado la influencia del terreno sobre la realización de un proyecto, siendo un ejemplo el caso del ingeniero Ortiz, mostrando la influencia del nivel freático en la capacidad portante de los suelos para el caso de cimentaciones superficiales a diferentes profundidades de la cimentación, o el ingeniero Tubbergh el cual comparó el costo de mejoramiento de suelo sobre reemplazo total de éste mismo. Nosotros tomando como referencia estas investigaciones, explicadas más detalladamente luego, y apoyándonos en las normas técnicas de construcción, obtendremos el diseño de nuestra cimentación y la variaremos de acuerdo a los tipos de cimentación ya conocidos, y realizando un presupuesto de la misma, obtendremos la más económica para las condiciones de terreno.

2.2 Investigaciones relacionadas con el tema

2.2.1 Investigaciones Nacionales

Puemape, L. (2015), en este trabajo de investigación se aborda el proceso constructivo de una cimentación con condiciones especiales; el del proyecto condominio Ciudad Verde ubicado en el km 28 de la carretera Panamericana Norte, en un terreno de 30,000 m², en este proyecto, se detectaron fluctuaciones de napa freática que iban de 0.30 hasta 1.50 m. En dicha zona, la empresa Paz Centenario planifica la construcción de edificios multifamiliares de 5 y 9 pisos. La tesis abarcó la evaluación técnica del proyecto, las alternativas para cimentación, características positivas de cada alternativa, el costo de la realización de cada una y por último el sistema de drenaje utilizado para reducir la napa freática.

Ortiz, R. (2017), tiene como fin en su tesis explorar la repercusión de la variación del nivel freático sobre la capacidad portante en los suelos, con la presencia de cimentaciones superficiales, variando su profundidad y geometría. El estudio cuenta con 3 calicatas realizadas in-situ, además de data mensual recopilada acerca de la

variación de nivel freático. Los estudios de campo comprendieron ensayos como la densidad de suelo, infiltración y exploración de suelos, mientras que para los ensayos de laboratorio se consideraron: corte directo, análisis granulométrico por tamizado, contenidos de humedad y límites de consistencia en el suelo, ocupando normativa nacional y europea, entre otras publicaciones. Los resultados del estudio indican que la precipitación pluvial ocurrida entre diciembre del 2016 a febrero del 2017 aumentó el nivel freático en 20 cm, así como que la infiltración es mayor mientras que el suelo sea granular. Al ser el suelo en estudio una grava bien graduada con presencia de arena, se concluye que la precipitación afecta directamente al aumento del nivel freático, puesto que el tipo de suelo granular favorece el aumento de la velocidad de infiltración y por tanto el ascenso y descenso del nivel del agua presente en el suelo. De esta manera, se demuestra en este estudio que la variación del nivel freático afecta sustancialmente a la capacidad portante del suelo.

Velasquez, F. (2018), evalúa el desempeño de 4 tipos de cimentaciones (zapatas aisladas, conectadas, combinadas y losa de cimentación) aplicadas a una institución educativa de la localidad de Carbón Alto, distrito de Gregorio Pita – San Marcos – Cajamarca, con el fin de conocer la alternativa óptima a utilizarse considerando el comportamiento estructural y el precio de cada alternativa. Para ello se evaluó cada alternativa en el software SAFE 2016 y posteriormente se metró y presupuestó cada cimentación. Según los resultados para éste caso en particular, la alternativa más eficiente estructuralmente en relación con su precio fue la de zapatas conectadas, contando con el menor costo.

2.2.2 Investigaciones Internacionales

Tubbergh, C. V. (2012), nos explica que, al existir ciertas zonas las cuales cuentan con suelo de mala calidad, el suelo necesita ser reemplazado para construir sobre él. Para alcanzar este fin, se puede optar por medio de estabilizar el suelo o reemplazar el suelo. Éstas opciones tienen gran repercusión en el costo de construcción, por lo tanto, se propone comparar el costo de la estabilización de suelo versus el costo de reemplazarlo por otro de mejor calidad.

También menciona que, si el mejoramiento del suelo o el remplazo de éste resulta muy costoso, complicado o poco efectivo, se puede recurrir al uso de cimentaciones, las cuales pueden usarse solas o en conjunto con las mejoras de suelo. En su campo, las cimentaciones más comunes son las zapatas continuas y los cimientos corridos los cuales son más comúnmente usados en suelos estables y en buen estado. Mientras que otros tipos de cimentación como las plateas de cimentación y pilotes se usan más sobre suelos en mal estado o con poca estabilidad.

Van Tubbergh considera en el desarrollo de su investigación que teóricamente es más barato estabilizar el suelo que utilizar cimentaciones complejas como pilotaje y plateas de cimentación a razón de que el suelo es barato y listo para usar. Pero también menciona que, si el suelo estabilizado posteriormente experimenta problemas por expansión, encogimiento o deterioro, éste podría comprometer la integridad estructural de la edificación y conllevaría mayores costos posteriores para ocultar las consecuencias visuales y subsanar los efectos estructurales que fueran causados.

En la comprobación de ésta hipótesis se reafirma que la conveniencia de la opción de estabilizar un suelo y utilizar zapatas continuas en vez de utilizar plateas de cimentación o pilotaje es altamente dependiente de las mejoras que el suelo necesita y el diseño de las cimentaciones, dado que en los resultados de los casos estudiados se concluyó que era económicamente más rentable utilizar plateas de cimentación.

De esta manera el autor expone que no es posible determinar si un tipo de solución será siempre más barato que otro, sino que es un estudio independiente para cada tipo de proyecto.

Watermeyer, R.B. Y Tromp, B.E. (1992), señalan la amplia existencia de suelos problemáticos e inestables a lo largo de todo Sudáfrica, siendo muy comunes los suelos colapsables y expansivos. A pesar de esta situación, describen la ausencia de una normativa que regule la construcción sobre estos suelos así como también la falta de un sistema de clasificación organizado o conjunto de procedimientos constructivos estandarizados para este tipo de suelos. En su publicación ofrecen

alcances sobre la clasificación de territorios problemáticos en Sudáfrica con el fin de contribuir al diseño de edificaciones de albañilería de un solo piso, ofreciendo también criterios de capacidad de servicio.

Islam, M. S., Ahmed, M., Uddin, M. M., & Khanum, M. (2016), señalan que la ciudad de Dhaka se está expandiendo rápidamente en tierras invadidas. Una gran parte de estos sitios se desarrollan rellenando tierras bajas pantanosas (1,5 x 13,5 m) utilizando materiales extraídos del lecho cercano del río. Casi todos los rellenos son básicamente arena limosa. La práctica más común para el diseño de fundaciones para edificios en áreas recuperadas es generalmente cimientos profundos (pilotes). Los pilotes largos son esencialmente vulnerables a las cargas laterales y la construcción de pilas tan largas es difícil. Además, La construcción de pilotes para edificios de 5 a 6 pisos resulta excesivamente costosa. Este estudio se ha llevado a cabo para proponer un sistema de cimentación alternativo y rentable para la construcción en áreas invadidas de la ciudad de Dhaka. el estudio se ubica en el *Mirpur Defence Officers' Housing Scheme (DOHS)*, Mirpur, Dhaka. Una cimentación superficial con un suelo reforzado de base fue construida en el sitio seleccionado para realizar una prueba de carga a escala real. Se encontró que la capacidad portante del suelo de cimentación se incrementó en un 15-20% debido al reforzamiento aplicado. Este resultado de la prueba elimina el requisito de una cimentación profunda para edificios residenciales en un suelo tan problemático. La conclusión de este estudio revela así una cimentación alternativa para estructuras de elevación media en áreas invadidas de la ciudad de Dhaka.

2.3 Cimentaciones

La cimentación es la parte de un sistema estructural que tiene como fin transmitir las cargas que se ejercen sobre ella y la carga de su propio peso hacia el terreno o roca. Los esfuerzos resultantes en el suelo (a excepción de la superficie del terreno) se suman a los ya existentes en la masa de tierra causados por su propio peso e historia geológica.

Se utiliza comúnmente el término superestructura para definir a la porción de éste sistema el cual es quien brinda las cargas que la cimentación ha de soportar (o también llamada sub estructura). Sin embargo, éste término es particular sólo de las construcciones de edificios o puentes, por lo que es más preciso definir a la cimentación como la parte del sistema que traspa los componentes de carga al terreno. (Bowles, 1997, pág. 1)

En muchos casos, los cimientos no solo transmiten compresiones, sino que, mediante esfuerzos de rozamiento y adherencia, llegan a soportar cargas horizontales y de tracción, anclando el edificio al terreno, si fuese necesario. Además de sus funciones principales los cimientos han de cumplir otros propósitos:

- Ser suficientemente resistentes para no romper por cortante.
- Soportar los esfuerzos de flexión que produce el terreno, para lo cual en general se dispondrán armaduras en su cara inferior, que absorberán las tracciones.
- Acomodarse a posibles movimientos del terreno.
- Soportar las agresiones del terreno y del agua y su presión, si la hay.

2.3.1 Tipos de Cimentaciones

Bajo la influencia de factores económicos, como los costos relativos de la mano de obra y de los materiales, han surgido algunos tipos de cimentaciones y ciertos procedimientos de construcción que se han generalizado. Aunque las innovaciones y el progreso en el estado del arte no justifican una posición pesimista, las operaciones que se apartan de los métodos comúnmente aceptados deben adoptarse cautelosamente, porque los equipos que no son los ordinarios pueden resultar costosos y los procedimientos a los que no están acostumbrados los trabajadores y sus supervisores, pueden resultar difíciles de llevar a la práctica. (Hanson, Peck, & Thornburn, 1974, pág. 203)

Existen dos tipos fundamentales de cimentación: superficiales y profundas.

2.3.1.1 Cimentaciones Superficiales

Una cimentación superficial generalmente se define como una base que tiene una profundidad inferior a aproximadamente dos veces su ancho. Hay una amplia variedad de cimientos poco profundos. Los más utilizados son zapatas aisladas, zapatas corridas y plateas de cimentación. (Reese, Isenhower, & Wang, 2006, pág. 158)

Las cimentaciones descritas por Reese son las más comunes en Estados Unidos, pero siendo el caso que en nuestro país son también muy utilizadas las zapatas combinadas y conectadas, se detallarán más adelante en adición a las ya mencionadas anteriormente.

2.3.1.1.1 Zapatas Aisladas

Una zapata aislada es una cimentación puntual que recibe un solo sistema de carga, como son los pilares. Se emplea en terreno firme y competente, transmitiendo una tensión de media a alta y provocando asientos pequeños o moderados. Es la cimentación más económica sobre roca o suelos con tensiones admisibles habituales superiores a 0.15 N/mm^2 .

Son cuadradas (ver Fig. 1), aunque se usan rectangulares cuando existen luces diferentes en dos sentidos perpendiculares, los momentos flectores se dan en una sola dirección, los pilares son de sección rectangular, se levantan dos pilares contiguos separados por una junta de dilatación o en casos especiales de geometría difícil. En otros casos pueden ser de formas circulares o poligonales. Si existe una junta de dilatación, se dispone la zapata en diapasón, con dos soportes adosados. (Yepes, 2016, pág. 14)

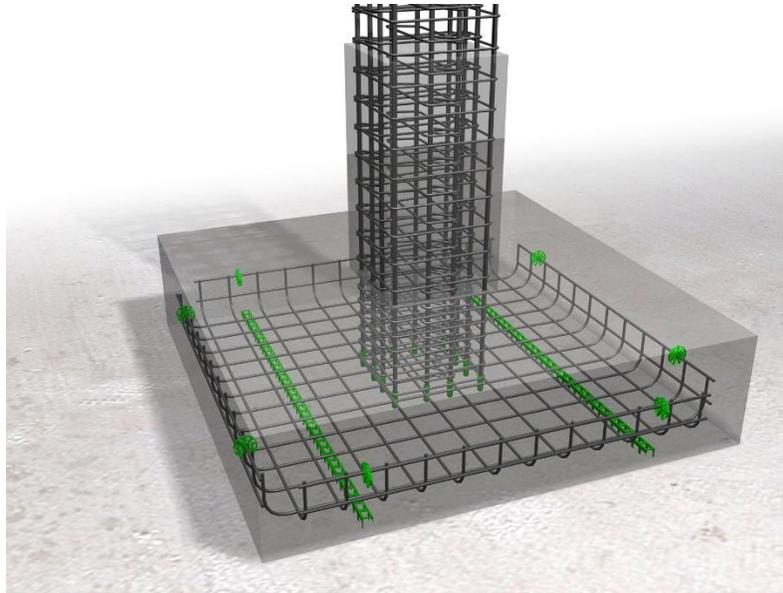


Figura 1: Ilustración de una Zapata Aislada

Fuente: Man Palikhe, D. – Isolated Foundation Design in STAAD

2.3.1.1.2 Zapatas Combinadas

Las zapatas combinadas se usan para soportar las cargas de dos o más columnas (ver Figura 2). Una zapata combinada puede ser económica cuando dos o más columnas fuertemente cargadas están separadas entre sí a una distancia tal que sus zapatas individuales quedarían traslapadas. Generalmente, las zapatas individuales son cuadradas o rectangulares y si se emplearan para columnas localizadas en los linderos del terreno, se extenderían más allá de éstos. Una zapata para tal columna, combinada con otra para una columna interior, puede diseñarse de manera que no sobrepase los linderos de la propiedad.

[...]

En algunas ocasiones, cuando una columna está cerca de un lindero y se desea combinar su zapata con la de una columna interior, la columna interior está tan alejada que no resulta económica tal solución. En tales casos pueden proporcionarse

a la columna exterior contrapesos o muertos, para tomar en cuenta la excentricidad de la carga. (McCormac & Brown, 2011, págs. 342, 365)

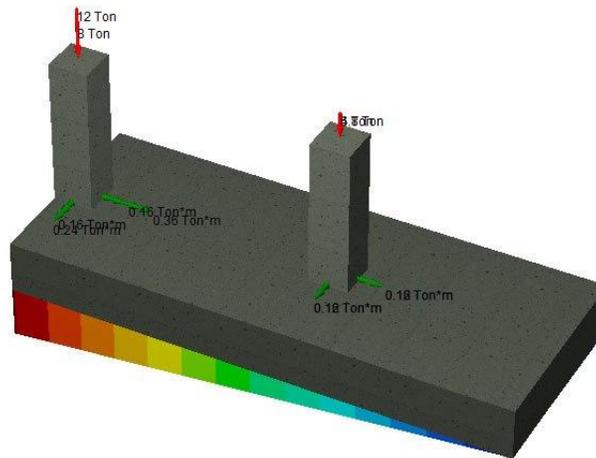


Figura 2: Ilustración de una Zapata Combinada

Fuente: Saavedra C. – Fundaciones Superficiales

2.3.1.1.3 Zapatas Conectadas

Este tipo de cimentación implica conectar dos zapatas aisladas por una viga rígida para soportar la carga distribuida que le afecta (ver Fig. 3). Este tipo de cimentación es usualmente utilizado en una columna cerca de una zapata vecina. Debido a que la columna no puede estar en medio de la zapata, se producirá un vuelco, por lo que esta viga rígida evitará que esto ocurra. (El-Reedy, 2009, pág. 33)

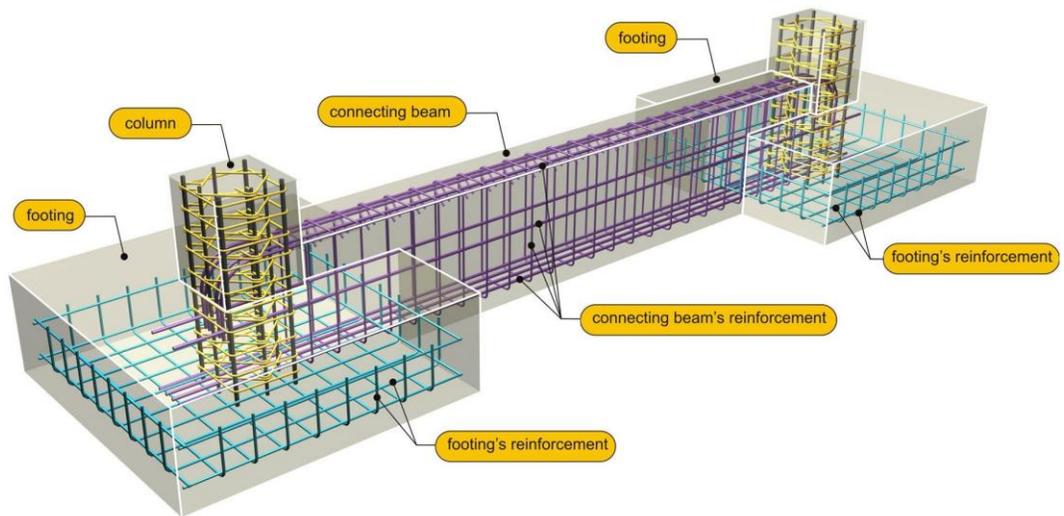


Figura 3: Ilustración 3D de una Zapata Conectada

Fuente: Online Civil Forum – Design of Strap Footing

2.3.1.1.4 Losas de Cimentación

Una plancha de cimentación o losa de cimentación o cimentación flotante es una losa continua de concreto reforzado sobre un área grande que se usa para soportar muchas columnas y muros (ver Figura 4). Este tipo de cimentación sirve cuando la resistencia del suelo es baja o las cargas de las columnas son grandes, pero no se usan pilotes o cajones de cimentación. Para tales casos, las zapatas aisladas resultarían tan grandes que sería más económico usar una losa continua sobre toda el área. El costo de la cimbra para una losa de cimentación es mucho menor que el costo de la cimbra para un gran número de zapatas aisladas. Si se diseñan zapatas individuales para cada columna y su área combinada es mayor que la mitad del área contenida dentro del perímetro del edificio usualmente es más económico usar una sola losa continua. Este tipo de cimentación es particularmente útil para reducir los asentamientos diferenciales entre columnas; esta reducción puede ser de 50% o mayor. Para este tipo de cimentación las excavaciones suelen ser bastante profundas. La meta es retirar una cantidad de tierra aproximadamente igual al peso del edificio.

Si esto se hace así, la presión neta del suelo después de construir el edificio será teóricamente igual a la que existía antes de efectuar la excavación. Así el edificio flotará sobre la losa. (McCormac & Brown, 2011, pág. 342).

La losa de cimentación es usualmente utilizada en edificios de varios pisos, donde los tamaños de las cimentaciones superficiales serán incrementados y combinados unos con otros, de esta manera es esencial elegir la opción de losa de cimentación. (El-Reedy, 2009, pág. 34)



Figura 4: Platea de cimentación vaciada en obra

Fuente: ec808.com – Raft Foundations: Design Requirements and Applicability

2.3.1.2 Cimentaciones Profundas

Las cimentaciones profundas se utilizan principalmente cuando un suelo débil o inadecuado de algún otro modo existe cerca de la superficie del terreno y las cargas verticales deben ser transmitidas a suelos más aptos en la profundidad. Las cimentaciones profundas tienen una variedad de otros usos, como para prevenir la socavación; para sostener carga axial mediante resistencia lateral en estratos de suelos granulares o arcillas competentes; para permitir construcciones sobre agua cuando las pilas son conducidas a través de las patas de un armazón para sostener una plataforma en alta mar; para servir como un duque de alba; para mejorar la

estabilidad de taludes; y un numero de otros usos especiales. (Reese, Isenhower, & Wang, 2006, pág. 4)

Los pilotes son el tipo de cimentación profunda más común utilizado para transmitir las cargas estructurales hacia las capas más profundas de suelo firme de manera que éstas capas de suelo o roca puedan soportar las cargas (ver Figura 5). Una cimentación de pilotes, en general, es más cara que una cimentación superficial ordinaria, y es utilizada cuando el suelo en o cerca de la superficie es de pobre capacidad portante, o se anticipa problemas de cimentación. (El-Reedy, 2009, pág. 35)

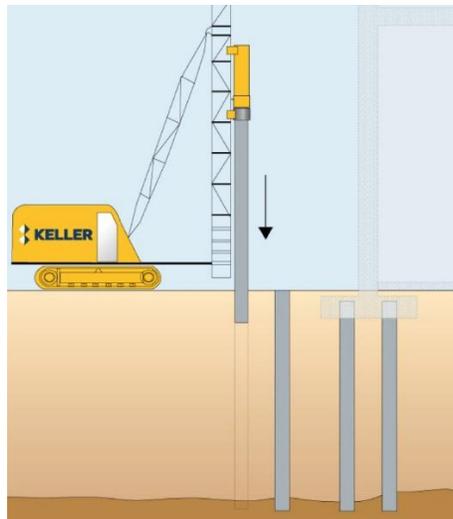


Figura 5: Ilustración de instalación de Pilotes Prefabricados in-situ

Fuente: Keller Cimentaciones – Pilotes Prefabricados Hincados

2.4 Capacidad Portante

Habiendo supuesto que resulta práctico construir un tipo de cimentación determinado, bajo las condiciones que prevalecen en el lugar, es necesario juzgar el probable funcionamiento de la cimentación con respecto a dos tipos de problemas. Por una parte, toda la cimentación, o cualquiera de sus elementos puede fallar porque el suelo o la roca sean incapaces de soportar la carga. Por otra parte, el suelo puede no fallar, pero el asentamiento de la estructura puede ser tan grande o tan disparejo que la estructura puede agrietarse y dañarse. El mal comportamiento del

primer tipo se relaciona con la resistencia del suelo o roca de apoyo y se llama falla por capacidad de carga. (Hanson, Peck, & Thornburn, 1974, pág. 304)

Terzaghi (1943) fue el primero en presentar una teoría completa para evaluar la capacidad de carga última de cimentaciones superficiales. [...] Sugirió que para una cimentación corrida (es decir, cuando la relación ancho entre longitud de la cimentación tiende a cero), la superficie de falla en el suelo bajo carga última puede suponerse similar a la mostrada en la Figura 6. (Note que éste es el caso para la falla general por corte). El efecto del suelo arriba del fondo de la cimentación puede también suponerse reemplazado por una sobrecarga equivalente efectiva $q = \gamma D_f$ (donde γ = peso específico del suelo, D_f = profundidad). (Das, 1999, págs. 156-157).

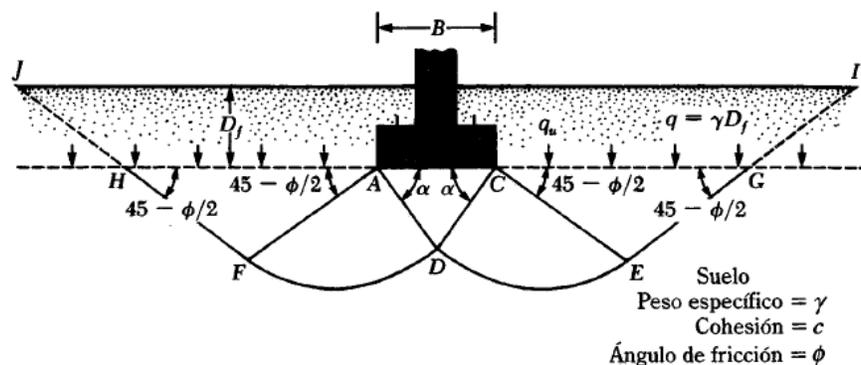


Figura 6: Falla por capacidad de carga en suelo bajo una cimentación rígida corrida

Fuente: Das, B.M. – Principles of Foundation Engineering

2.5 Interacción Suelo - Estructura

Se conoce como interacción suelo-estructura a la modificación del movimiento de terreno (en la base de la estructura) provocado por la presencia de la estructura. Existe una mayor interacción en la medida en la que el movimiento en la base de la estructura se ve más modificado por la presencia de la estructura. (Miranda, 1995, pág. 103)

“La influencia de la estructura puede ser en condiciones estáticas, lo cual es tratado por la interacción estática suelo-estructura, o puede ser en condiciones dinámicas, lo cual cae en el campo de la interacción dinámica suelo-estructura.” (Demeneghi, 2017, pág. 2).

Soriano (1989) nos explica el caso estático de la siguiente manera:

El caso más simple de interacción suelo-estructura se da cuando la cimentación, esto es, la zona de contacto terreno estructura, es pequeña y superficial; pequeña, de manera que pueda considerarse puntual respecto a las longitudes de las ondas sísmicas que la van a solicitar y superficial, de manera que no exista una zona de terreno que tenga que guardar cierta compatibilidad de deformaciones con el movimiento de la estructura en otra zona que no sea puntual. Si el terreno no es infinitamente rígido, los esfuerzos que se generan en la cimentación provocarán una deformación variable, es decir un movimiento que obligará al punto de unión y a su entorno próximo a moverse de manera distinta al movimiento del campo libre. (pág. 294)

Por otro lado, en el caso dinámico, El National Institute of Standards and Technology (2012) nos dice que:

La interacción cinemática es el resultado de la presencia de elementos rígidos de la base en el suelo, lo que hace que los movimientos en la base se desvíen de los movimientos de campo libre. Una de las causas de estas desviaciones es el promedio de la losa de base, en el que los movimientos del terreno espacialmente variables dentro de la envolvente del edificio se promedian dentro de la huella de los cimientos debido a la rigidez y resistencia del sistema de cimientos. Otra causa de desviación son los efectos de empotramiento, en los que los movimientos a nivel de los cimientos se reducen como resultado de la reducción del movimiento del suelo con una profundidad por debajo de la superficie libre. Si la base está soportada por pilotes, los pilotes interactúan con la propagación de ondas debajo de la losa base, lo que puede modificar aún más los movimientos a nivel de los cimientos en la base de una estructura. (págs. 3-1)

2.6 Coeficiente de Balasto

Este parámetro asocia la tensión transmitida al terreno por una placa rígida con la deformación o la penetración de la misma en el suelo, mediante la relación entre la tensión aplicada por la placa q y la penetración o asentamiento de la misma y . Generalmente se la identifica con la letra k .

$$k = \frac{q}{y} \quad (1)$$

Este módulo, se obtiene mediante un simple ensayo de carga sobre el terreno, que se realiza utilizando una placa metálica rígida de sección cuadrada de 30,5 cm de lado o de sección circular con un diámetro de 30,5 cm, que se monta como se muestra en el esquema de la Figura 7 (Leoni, 2000, pág. 3)

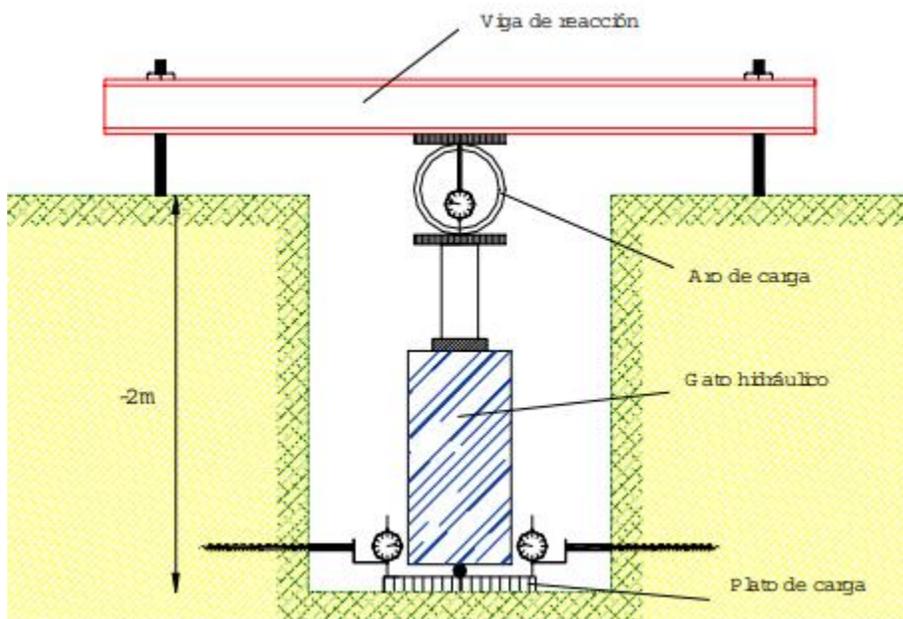


Figura 7: Ensayo Plato de carga

Fuente: Leoni, J. – Universidad Nacional de la Plata

En la Figura 8 se representa la definición del coeficiente de balasto vertical como la recta secante que une el esfuerzo capaz de generar un asentamiento de 0,05” de una placa de 30 cm x 30 cm de lado (un pie cuadrado) en el terreno. La penetración de 0,05” equivale a 1,27mm. En otras palabras, el coeficiente de balasto vertical es la pendiente de la recta que une el origen de coordenadas con el punto de la curva “esfuerzo – asentamiento” para un asentamiento de la placa de 1,27mm. La curva esfuerzo-asentamiento es homóloga a la de esfuerzo-deformación en el sentido de que ambas reflejan la no linealidad en la respuesta del suelo ante las cargas externas. (Echezuría, López, & Cárdenas, 2016, pág. 5)

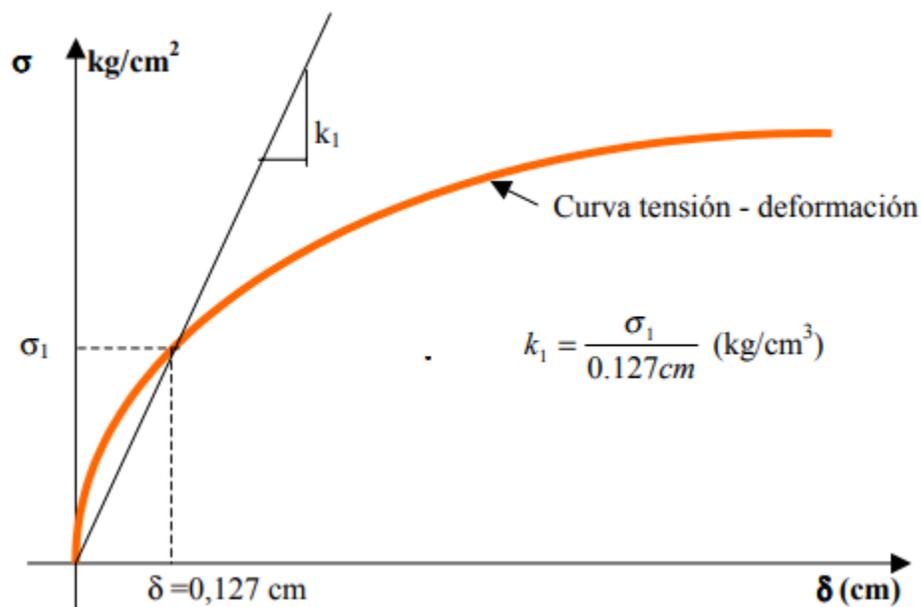


Figura 8: Coeficiente de Balasto

Fuente: Leoni, J. – Universidad Nacional de la Plata

Los resultados de estos ensayos se expresan con la letra k donde por lo general se asocia el subíndice 1 adosado a la letra k, para indicar que el valor corresponde a una placa rígida de 1 pie² k₁.

[...]

Si tenemos una base de ancho B y de longitud L cargada con una carga Q y apoyada a una profundidad D en un terreno elástico, uniforme, con un módulo de deformación constante E, que transmite al terreno donde se apoya una tensión q podremos decir que el asentamiento que la misma experimentará, por deformación elástica del terreno, puede ser aproximado por la expresión:

$$y = \frac{q \times B}{E} \times (1 - \nu^2) \times I \quad (2)$$

donde ν es el coeficiente de Poisson, mientras que I es un coeficiente que tienen en cuenta la forma del área cargada y la rigidez de la base.

Considerando lo expresado anteriormente, el Módulo de Reacción nos quedaría expresado como:

$$k = \frac{q}{y} = \frac{E}{B \times (1 - \nu^2) \times I} = Cte. \frac{E}{B} \quad (3)$$

(Leoni, 2000, pág. 5)

2.7 Definición de términos básicos

- **Evaluación Técnico-Económico:** Se llama así a la evaluación que se realizara en un proyecto para determinar el menor costo real posible del proyecto, de acuerdo a los requisitos mínimos que tiene que cumplir el proyecto para que sea viable y cumpla con las normas de construcción.
- **Cantidad de Materiales en obra:** Se refiere así al metrado estimado de la cimentación, para poder determinar la cantidad de insumos (bolsas de cemento, agregados, fierros), que nos facilitaran a determinar el costo final de la cimentación.

- **Precio de alternativa de cimentación:** Es el valor que estimaremos para cada tipo de cimentación, obteniendo finalmente un valor ratio – rendimiento general de la zona en mención.
- **Costos Unitarios:** El costo unitario es el gasto total que incurre una compañía por producir, almacenar y vender una unidad de un producto o servicio en particular. Es un sinónimo del costo de mercancía vendida y del costo de ventas.
- **Costo Total:** Se trata de una medida del costo de una empresa para construir o crear una unidad de producto. Esta medida contable incluye todos los costos fijos y variables asociados con la producción de un bien o servicio.

CAPITULO III: SISTEMA DE HIPOTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis General

La alternativa de Zapatas aisladas, conectadas y combinadas será la alternativa más económica que cumpla las solicitudes.

3.1.2 Hipótesis Específicas

- a) La Losa de cimentación contará con un espesor menor al 50% de el de las zapatas utilizadas en la alternativa de Zapatas aisladas, combinadas y conectadas
- b) La alternativa Zapatas aisladas, conectadas y combinadas ocupará 20% menos de concreto armado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ que la alternativa Losa de Cimentación.
- c) El costo del acero representará más del 20% del costo total de la alternativa Losa de cimentación.

3.2 Variables

3.2.1 Identificación y definición de variables

Tabla 1: Definición de Variables

HIPOTESIS	VARIABLES	DEFINICION
Hipótesis general: Según la evaluación técnico-económico a realizar, la alternativa Zapatas Aisladas, Combinadas y Conectadas, será la cimentación más económica para el edificio	V.I: Alternativa de Cimentación	Opciones de configuración estructural que se encargarán de soportar la superestructura de la edificación
	V.D: Evaluación técnico-económica	Criterio utilizado para determinar cuál de un conjunto de opciones ofrece solución a un problema por el menor costo posible

<p>multifamiliar Marañón de Huamachuco</p>		
<p>Hipótesis esp. 1: La Losa de cimentación contará con un espesor menor al 50% de el de las zapatas utilizadas en la alternativa de Zapatas aisladas, combinadas y conectadas</p>	<p>V.I: Dimensiones de Cimentación</p>	<p>Medidas de ancho, largo y espesor de cada elemento estructural que conforma la cimentación.</p>
	<p>V.D: Área de la cimentación</p>	<p>Valor en metros cuadrados que ocupa la fundación en planta</p>
<p>Hipótesis esp. 2: La alternativa Zapatas aisladas, conectadas y combinadas ocupará 20% menos de concreto armado ($f^c=210 \text{ kg/cm}^2$) que la alternativa Losa de Cimentación.</p>	<p>V.I: Materiales</p>	<p>Son los insumos necesarios para cada alternativa de cimentación</p>
	<p>V.D: Metrado de la alternativa</p>	<p>Consiste en la cuantificación de los materiales necesarios para la construcción de la fundación</p>
<p>Hipótesis esp. 3: El costo del acero representará más del 20% del costo total de la alternativa Losa de cimentación.</p>	<p>V.I: Partidas de construcción</p>	<p>Estimación de materiales y cuadrilla necesarias para la ejecución de una etapa de la construcción.</p>
	<p>V.D: Costo Total</p>	<p>Precio en nuevos soles total de la alternativa de cimentación.</p>

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Operacionalización de las variables e indicadores

En la Tabla 2, se muestran las diferentes hipótesis de la investigación, así como sus variables, indicadores y formas de medición.

Tabla 2: Operacionalización de Variables e indicadores

Hipótesis	VARIABLES	INDICADOR	MEDICIÓN
Hipótesis General La alternativa Zapatas Aisladas, Combinadas y Conectadas, será la cimentación más económica para el edificio multifamiliar Maraón de Huamachuco	Var. Independiente: Alternativa de Cimentación	Costo total de la alternativa	Nuevos soles (S./)
	Var. Dependiente: Evaluación técnico-económica	Selección de alternativa	Conceptual - Sin medición
Hipótesis Esp. 1 La Losa de cimentación contará con un espesor menor al 50% de el de las zapatas utilizadas en la alternativa de Zapatas aisladas, combinadas y conectadas	Var. Independiente: Dimensiones de la cimentación	Largo, Ancho, Espesor	Metros (m)
	Var. Dependiente: Comportamiento estructural	Fuerzas axiales, Fuerzas internas, Fuerzas cortantes, Momentos flectores.	Toneladas (Tn), Metro (m)
Hipótesis Esp. 2 La alternativa Zapatas aisladas, conectadas y combinadas ocupará 20% menos de concreto armado ($f^c=210$ kg/cm ²) que la alternativa Losa de Cimentación.	Var. Independiente: Materiales	Cemento, arena, hormigón, agua	Bolsas (bls), Metros cúbicos (m ³)
	Var. Dependiente: Metrado	Volumen, área, distancia	Metros cúbicos (m ³), metros cuadrados (m ²), metros lineales(ml).
Hipótesis Esp. 3 El costo del acero representará más del 20% del costo total de la alternativa Losa de cimentación.	Var. Independiente: Partidas de construcción	Proceso constructivo	Análisis de Costos Unitarios
	Var. Dependiente: Costo Total	Costo de todas las partidas	Nuevos Soles (S./)

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y método de investigación

4.1.1 Método de investigación

- **Método: Deductivo:** La investigación partirá de diseños y comparaciones de costos hasta llegar a la conclusión de cuál es la alternativa de cimentación más económica.
- **Propósito: Aplicada:** Con la ayuda del Marco teórico previo y las evaluaciones presupuestales se pretende brindar una solución económica a un proyecto real.
- **Enfoque: Cuantitativo:** Se utilizarán valores numéricos y mediciones que, mediante un proceso, se convertirán en datos para efectuar una conclusión.
- **Fuente de recolección de datos: Retrolectiva,** Los datos se tomarán de fuentes secundarias previas a la investigación.

4.1.2 Tipo de investigación

La investigación será de tipo Transversal - Descriptiva ya que se pretende evaluar y medir diversos aspectos de cada alternativa para poder compararlas entre sí. Asimismo, tendrá elementos correlacionales al estudiar los efectos de alternar cimentaciones en el precio final de cada diseño de edificio.

4.2 Nivel de investigación

El nivel de la investigación es Descriptivo, ya que principalmente se busca medir y evaluar las variables con el fin de determinar la alternativa idónea.

4.3 Diseño de investigación

Experimental - Cuasi Experimental: Se manipulará una o más variables de manera que se pueda analizar la influencia de ésta sobre otras.

4.4 Población de estudio

La población que conforma la investigación abarca los edificios que vayan a ser fundados sobre un terreno con baja capacidad portante ($\leq 1.0 \text{ kg/cm}^2$) que vayan a ser proyectados en el distrito de La Perla, Provincia Constitucional del Callao.

4.5 Diseño Muestral

La muestra de la Investigación a realizar está dada por el caso particular del edificio multifamiliar Marañón de Huamachuco de 5 niveles y resistencia del terreno 1.0 kg/cm², ubicado en el distrito de La Perla, Provincia constitucional del Callao.

4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se contará con la información técnica previa del proyecto multifamiliar Marañón de Huamachuco, La Perla, Callao (2019) brindada por la empresa ejecutora. Ésta información técnica comprende: Estudios de suelos, Planos de arquitectura y Análisis de Precios Unitarios. La técnica no implicará elementos probabilísticos.

4.7 Procedimientos para la recolección de datos

Se solicitará los estudios de Mecánica de suelos, Planos del proyecto, Precios de referencia para materiales y partidas de obra con los procesos constructivos que la empresa contempla con el fin de adecuar los modelamientos y la evaluación a la realidad.

4.8 Técnicas de procesamiento y análisis de Datos

Entrada: Al obtener los datos, serán introducidos en los softwares de análisis estructural SAFE 2016 16.0.2 y ETABS 2016 v16.2.1 adecuando nuestro modelo a las condiciones existentes.

Proceso: Contando con las condiciones iniciales del proyecto, se modelarán las alternativas de cimentación para la edificación, teniendo las dimensiones para cada una, se cuantificará y medirá los materiales necesarios para cada una de ellas. Al tener los medrados, se procederá a hacer un análisis de costos unitarios para conocer el precio del proyecto en su totalidad en cada situación.

Salida: Al obtener los costos totales del proyecto en cada situación hipotética, se elegirá la opción más económica, brindando una solución al proyecto que permita un adecuado comportamiento estructural, por el menor precio.

CAPITULO V: MODELAMIENTO Y DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN

5.1 Generalidades sobre el diseño

El diseño estructural del proyecto se orientó a proporcionar adecuada estabilidad rigidez y ductilidad frente a sollicitaciones provenientes de cargas muertas, vivas, asentamientos diferenciales y eventos sísmicos.

El diseño sísmico obedece a los principios de la Norma E030-2018 DISEÑO SISMORRESISTENTE del Reglamento Nacional de Edificaciones conforme a los cuales:

- La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio.
- La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando daños dentro de límites aceptables.

Estos principios guardan estrecha relación con la filosofía de Diseño Sismorresistente de la Norma:

- Evitar pérdida de vidas humanas.
- Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- Minimizar los daños a la propiedad.

Las figuras 9 y 10 muestran los planos en planta de la edificación, los cuales fueron utilizados posteriormente para la realización del modelo en el software ETABS 2016 v16.2.1, procedimiento que es descrito en secciones subsiguientes.

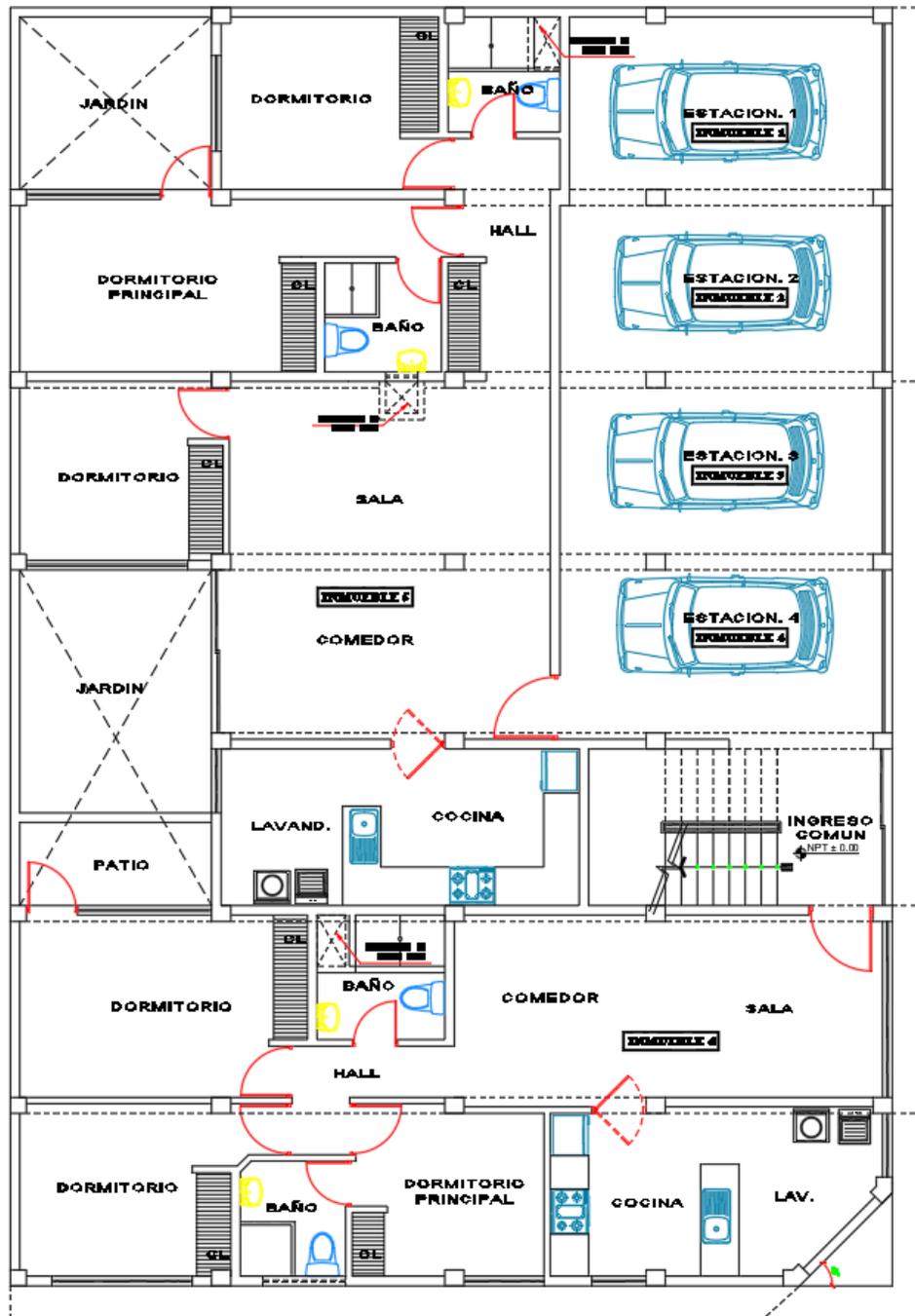


Figura 9: Planta del 1er nivel de la edificación

Fuente: Elaboración Propia

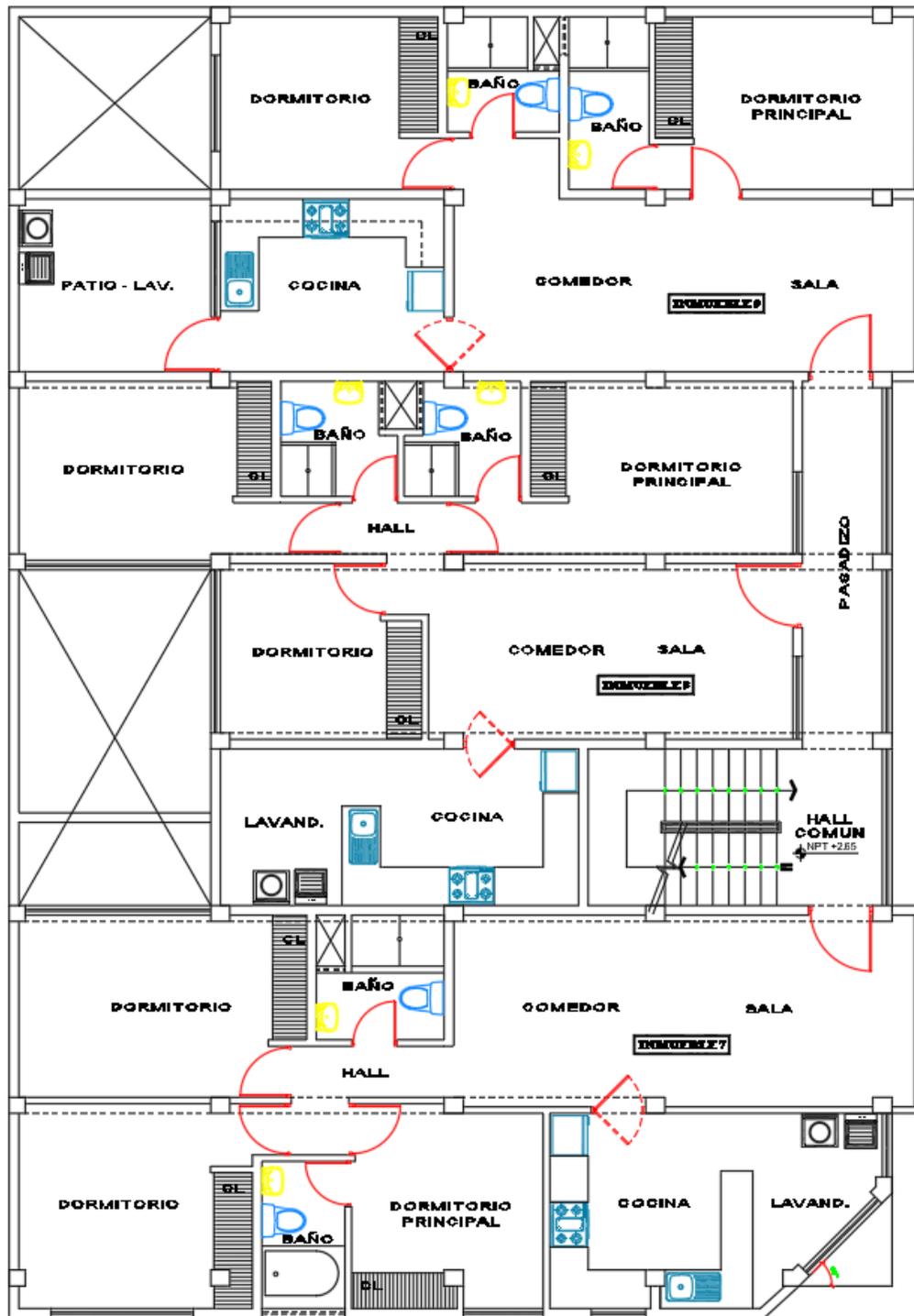


Figura 10: Planta típica del 2do al 4to nivel de la edificación

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Estructuración y Pre Dimensionamiento

5.2.1 Predimensionamiento De Vigas

Utilizando la luz más crítica entre columnas (ver Figura 11).

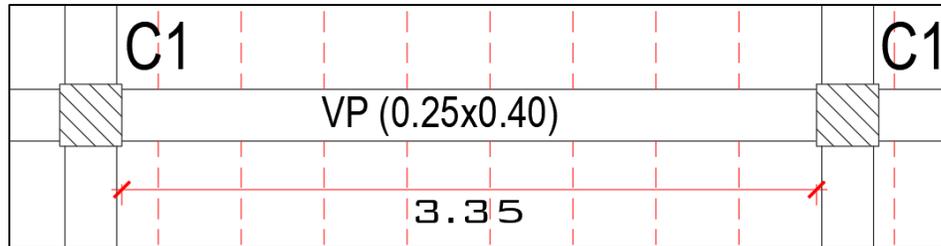


Figura 11: Luz más crítica entre columnas

Fuente: Elaboración Propia

Peralte de la viga:

$$h = \frac{L}{10} = \frac{3.35}{10} = 0.335 \text{ m}$$

Consideraremos como peralte mínimo $h = 40 \text{ cm}$.

$$b = \frac{h}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ cm}$$

Utilizaremos el ancho mínimo de 25 cm, para sistemas aperticados.

Secciones de viga peraltada: $b \times h = 25 \times 40 \text{ cm}^2$.

Secciones de vigas chatas: $b \times h = 30 \times 20 \text{ cm}^2$.

Secciones de viga solera: $b \times h = 25 \times 20 \text{ cm}^2$.

Secciones de vigas de amarre: $b \times h = 15 \times 20 \text{ cm}^2$.

5.2.2 Predimensionamiento De Columnas

Utilizando como referencia la columna más cargada de la estructura (mayor área tributaria) (ver Figura 12).

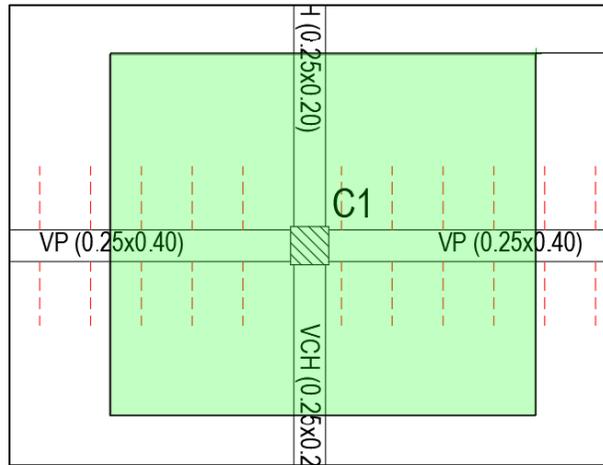


Figura 12: Área tributaria ocupada por la columna más crítica

Fuente: Elaboración Propia

Peso por nivel maximizado = 1000 kg/m²

Numero de niveles = 6 (incluido azotea)

Área tributaria $A_t = 10 \text{ m}^2$

Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Ubicación: columna centrada

$$A_c = \frac{P_s \times n \times A_t}{0.45 f'c} = \frac{1000 \times 6 \times 10}{0.45 \times 210 \times 10^4} = 634.92 \text{ cm}^2$$

$$L = \sqrt{A_c} = 25.2 \text{ cm}$$

Utilizaremos columnas cuadradas de 30 cm de lado y rectangulares de 25x30 cm².

5.2.3 Predimensionamiento De Losas

Utilizando la luz más crítica entre columnas.

$$h = \frac{L}{25} = \frac{3.35}{25} = 0.134 \text{ m}$$

Utilizaremos para nuestro modelo matemático losas aligeradas en una dirección de 20 cm, y losas macizas en dos direcciones de 20 cm

5.2.4 Predimensionamiento De Altura De Zapata

Se utilizará el valor de la altura de la zapata para obtener la altura del primer nivel del modelo matemático utilizado en el software ETABS 2016 v16.2.1.

Se consideró un peralte mínimo de zapata de 60 cm, para luego su posterior verificación.

5.3 Sistema estructural y datos del modelo

Los techos están formados por losas aligeradas que además de soportar cargas verticales y transmitir las a vigas, muros y columnas, cumplen la función de formar un Diafragma Rígido continuo integrado a los elementos verticales y compatibilizando sus desplazamientos laterales.

El sistema Estructural predominante en la dirección X y en la dirección Y es el sistema Pórticos del concreto armado, de esta manera, la norma principal que rige su diseño es la E060 de diseño en concreto armado.

Se han incluido muros de albañilería de soga en los extremos para mejorar la rigidez en ese sentido, y de acuerdo al pre-dimensionamiento de las columnas éstas resultan de 30x25 y 30x30 en su mayoría, de acuerdo a la configuración arquitectónica y de esta forma asegurar un buen comportamiento estructural.

Además, se cuenta con vigas peraltadas de VP-25x40 en el eje Principal (Eje XX) y vigas soleras VS-25x20 en el eje Secundario (Eje YY), todos estos elementos son ilustrados en las figuras 13 a la 17.

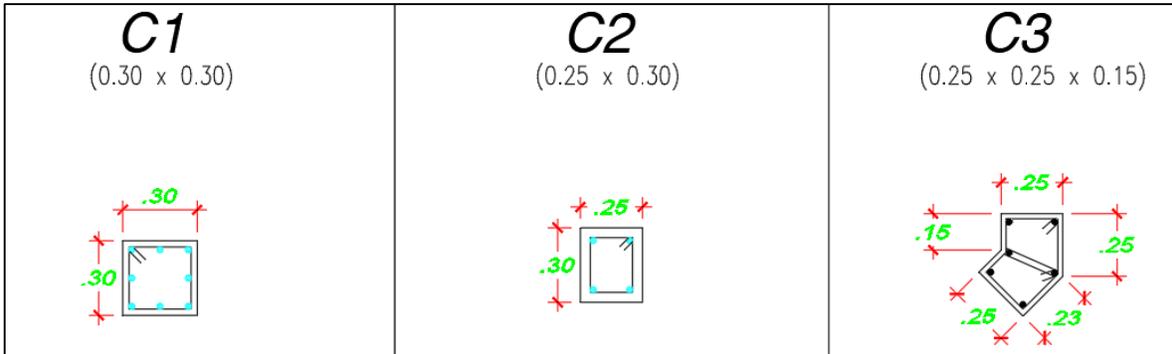


Figura 13: Cuadro de columnas

Fuente: Elaboración Propia

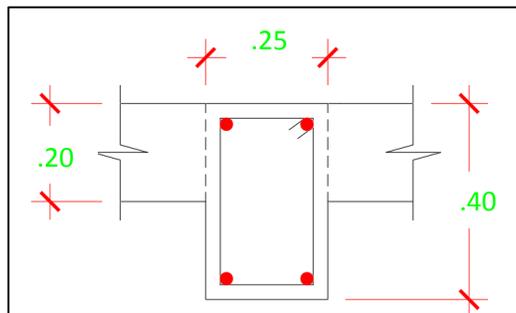


Figura 14: Viga VP-25x40

Fuente: Elaboración Propia

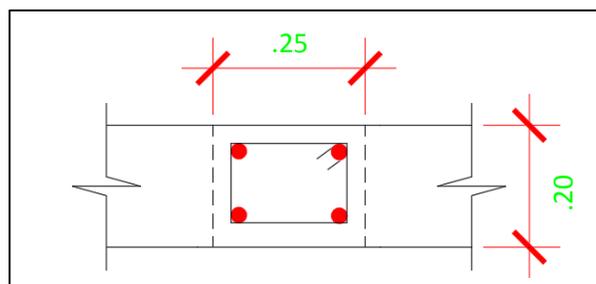


Figura 15: Viga VS-25x20

Fuente: Elaboración Propia

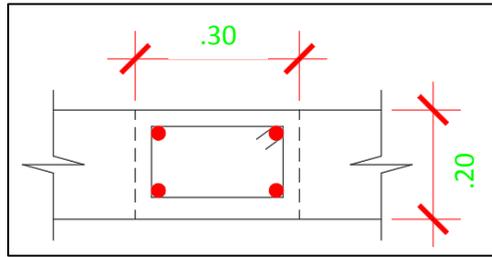


Figura 16: Viga VCH-30x20

Fuente: Elaboración Propia

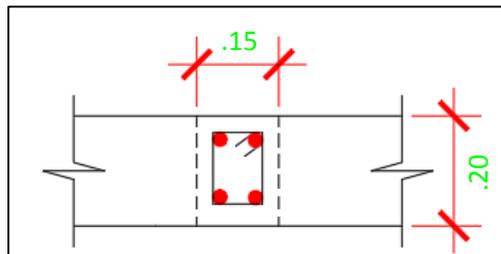


Figura 17: Viga VA-15x20

Fuente: Elaboración Propia

En el detalle de la Figura 18 se puede observar el dimensionamiento de las losas aligeradas en una dirección, el cual se determinó a ser 20 cm de espesor.

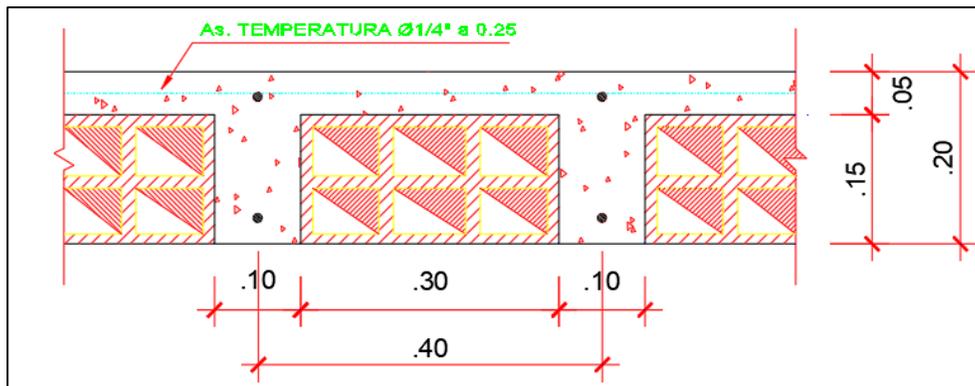


Figura 18: Detalle de losa aligerada en una dirección

Fuente: Elaboración Propia

El concreto utilizado en el modelamiento de la estructura fue de 210 kg/cm² en su totalidad

La configuración estructural se realizó teniendo en cuenta los siguientes objetivos:

- Contar con una Planta Simple
- Tener simetría en distribución de masas y disposición de muros, compensada con la adición de pórticos.
- Lograr regularidad en planta y elevación sin cambios bruscos de rigidez, masa o discontinuidades en la transmisión de las fuerzas de gravedad y horizontales a través de los elementos verticales hacia la cimentación.
- Que la rigidez sea similar en las dos direcciones principales de la edificación.
- Cercos y tabiques aislados de la estructura principal donde se indica.

Dichos estos objetivos se obtuvo como respuesta la estructuración mostrada a continuación en la Figura 19:

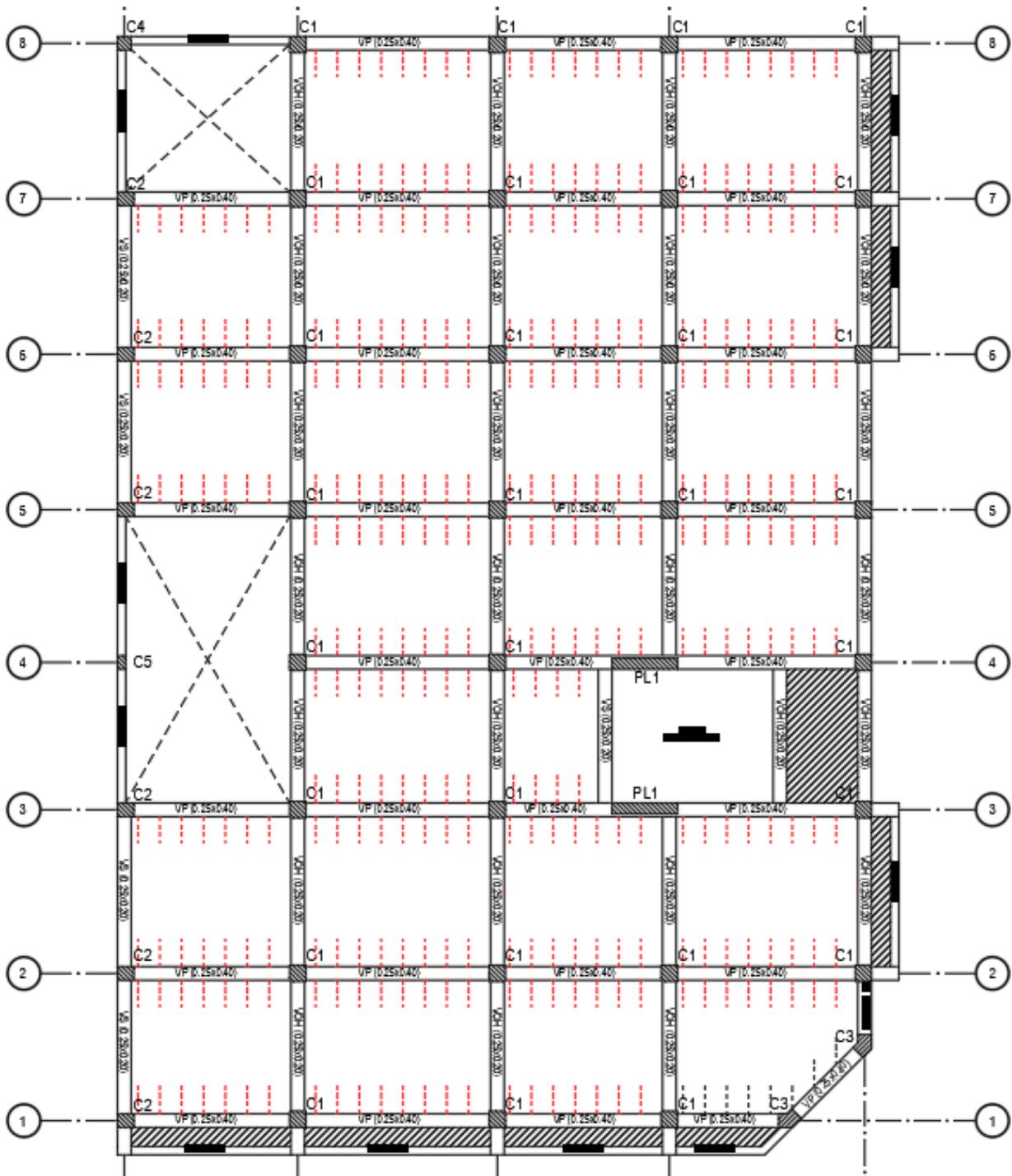


Figura 19: Estructuración típica en planta

Fuente: Elaboración Propia

Contrastando la configuración con la Norma E030-2018, se evaluó las irregularidades que presenta ésta llegando a las siguientes conclusiones:

- Irregularidad de rigidez-Piso Blando. No presenta
- Irregularidad de Masa. No presenta
- Irregularidad Geométrica Vertical. No presenta
- Discontinuidad en el sistema resistente. No presenta
- Irregularidad Torsional. Si presenta
- Esquinas entrantes. Si presenta
- Discontinuidad en el diafragma. No presenta

Según las irregularidades mostradas, se obtienen los siguientes factores de irregularidad mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3: Factores de Irregularidad según Norma E030

DIRECCIÓN X		DIRECCIÓN YY	
Ia	Ip	Ia	Ip
1.00	0.75	1.00	0.75

Fuente: Elaboración Propia

De éstos factores de irregularidad se concluye que:

- La estructura se clasifica como: **IRREGULAR EN EL EJE YY**
- La estructura se clasifica como: **IRREGULAR EN EL EJE XX**

5.4 Análisis y diseño estructural

Se empleó el programa de análisis estructural ETABS v16.2.1 que emplea el método matricial de rigidez y de elementos finitos. Se modeló la geometría de la estructura y las cargas actuantes.

5.4.1 Cargas consideradas para el diseño

En la Tabla 4, se detallan las cargas consideradas en el análisis por gravedad.

Tabla 4: Cargas de análisis por gravedad

Concreto	2400 Kg/cm ²
Piso Acabado	100 Kg/cm ²
Tabiquería	150 Kg/cm ²
S/C Sobre techos	200 Kg/cm ²
S/C sobre escaleras	200 Kg/cm ²
S/C en azotea	100 Kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia

Las características de los materiales consideradas en el análisis y el diseño estructural fueron:

- Para el concreto:

$$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Ec = 1500 * \sqrt{210} = 217370 \text{ Kg/cm}^2$$

- Para la Albañilería:

$$f'm = 65 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Em = 500 * f'm = 32500 \text{ Kg/cm}^2$$

- Para el Acero:

$$Fy = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

Elongación mínima del 9%

A continuación, de la Figura 20 a la Figura 22 se muestra su ingreso en el software.

Material Property Data

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: tonf/m³

Mass per Unit Volume: tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: tonf/m²

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/C

Shear Modulus, G: tonf/m²

Design Property Data

Advanced Material Property Data

Figura 20: Propiedades del material concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia

Material Property Data

General Data

Material Name: Albañilería f_m = 65 kg/cm²

Material Type: Masonry

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 1.8 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.183549 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 325000 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000081 1/C

Shear Modulus, G: 141304.35 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

Figura 21: Propiedades del material albañilería f_m = 65 kg/cm²

Fuente: Elaboración Propia

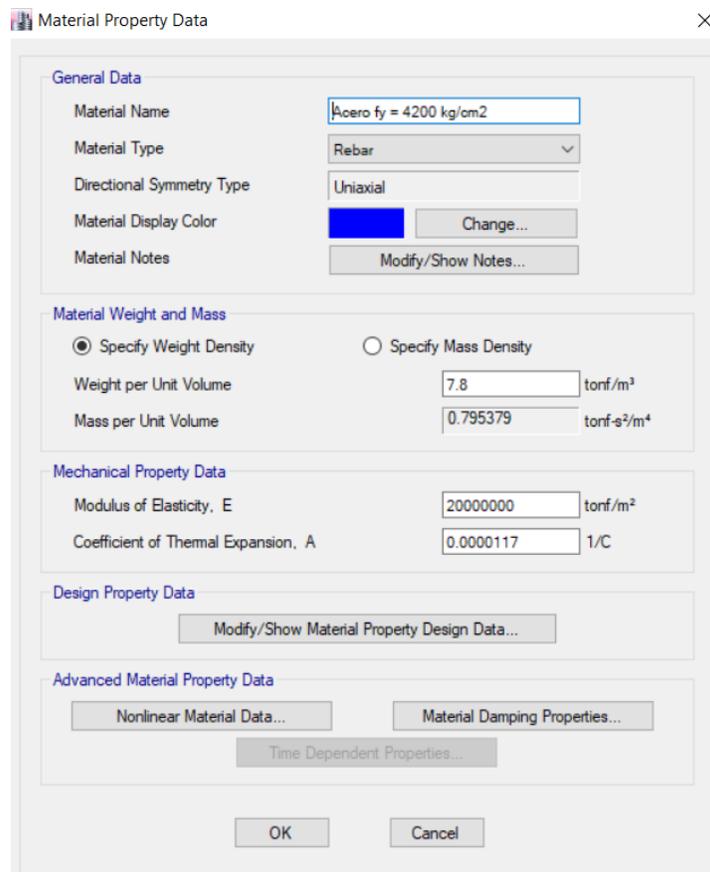


Figura 22: Propiedades del material acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia

5.4.2 Modelamiento estructural en el software ETABS 2016 v16.2.1

El modelo empleado para vigas y columnas consistió en barras de eje recto que incluyen deformaciones por flexión, carga axial, fuerza cortante y torsión.

Este modelo, mostrado en la Figura 23, considera el efecto tridimensional del aporte de rigidez de cada elemento estructural. Para modelar los muros de corte se emplearon elementos tipo Shell (Áreas) que incluyen el efecto de membrana y de flexión, detallados en la Figura 24 y 25.

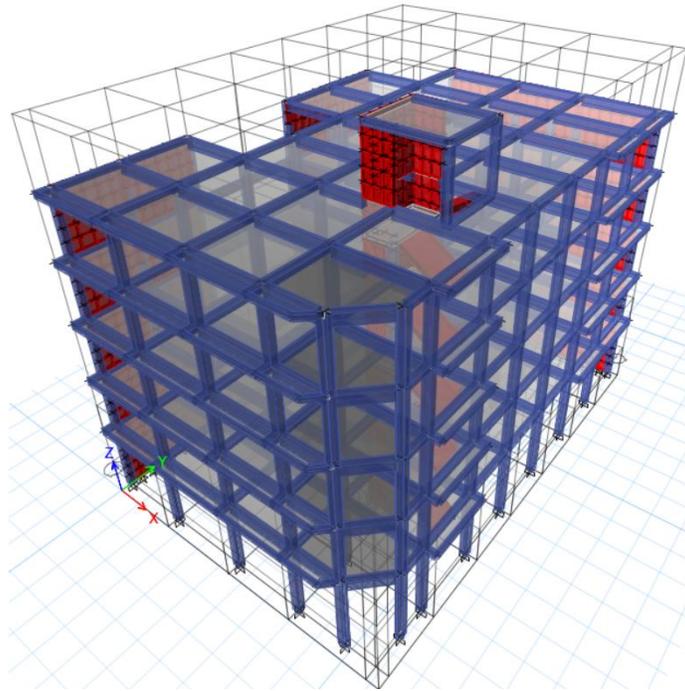


Figura 23: Modelo de la edificación en software ETABS 2016

Fuente: Elaboración Propia

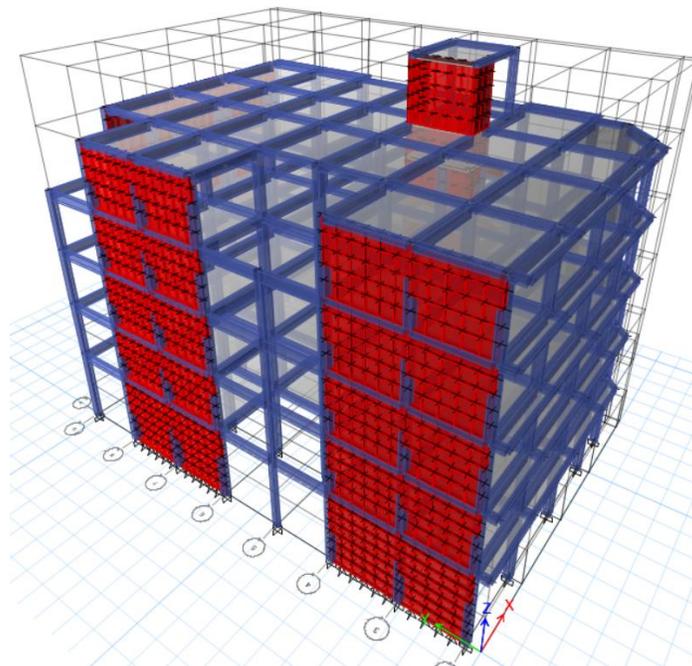


Figura 24: Detalle de elementos tipo Shell en el Modelamiento

Fuente: Elaboración Propia

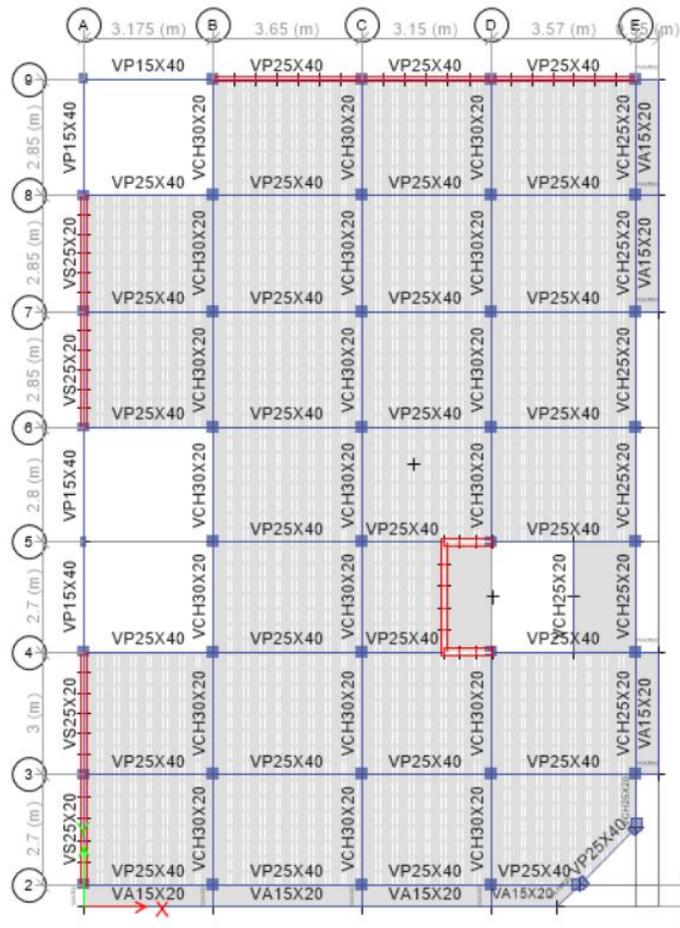


Figura 25: Vista en planta del modelo matemático (piso típico)

Fuente: Elaboración Propia

5.4.3 Masas para el análisis dinámico modal y sísmico

Las masas provenientes de las losas, piso terminado, y de la sobrecarga se concentran a nivel del centro de masas de cada losa; y las masas provenientes del peso propio de las vigas y columnas se consideran distribuidas en toda su longitud. Luego el programa lleva la masa de los elementos estructurales hacia los nudos extremos.

En el cálculo la masa de la estructura se consideró el 100% de la carga muerta más el 25% de la carga viva según el capítulo 4.3 de la norma NTE-E030-2018. (ver Figura 26)

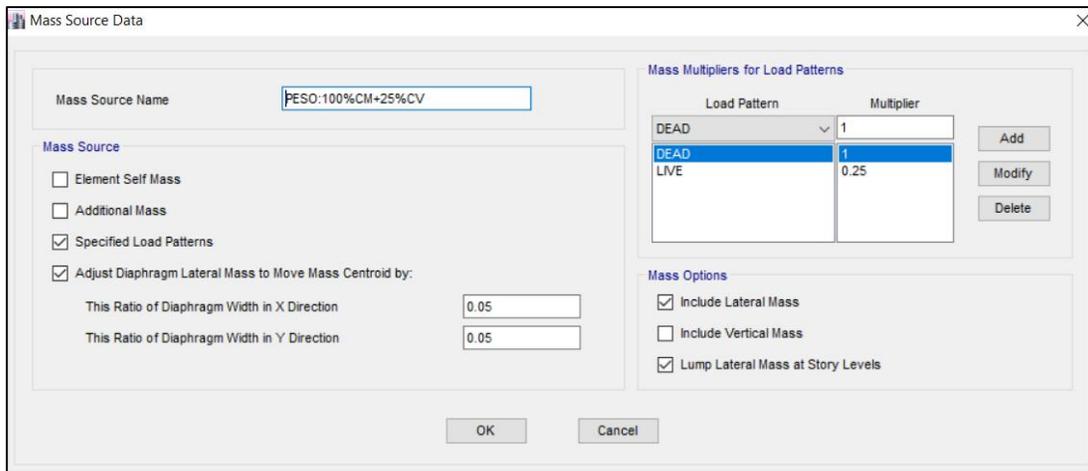


Figura 26: Definición de masa sísmica

Fuente: Elaboración Propia

5.4.4 Análisis sísmico

Se realizó un análisis sísmico Dinámico por Superposición Modal Espectral. Los parámetros empleados para el cálculo del Espectro de respuesta se muestran a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5: Parámetros para análisis modal-espectral

Factor de zona	Z=0.45 (Zona 4)	
Factor de Uso	U=1.00 (Categoría C)	
Factor de Suelo	S=1.05 (Según E.M.S S2)	
Periodo que define la plataforma del Espectro	TP=0.6	
	TL=2.0	
Factor de Básico de Reducción de Fuerza Sísmica	Rox=8 (Pórticos de Concreto Armado)	
	Roy=8 (Pórticos de Concreto Armado)	
Factor de Reducción de Fuerza Sísmica	Iax=1, Ipx=0.75	$R=I_a * I_p * R_o = 8 * 1 * 0.75 = 6$
	Iay=1, Ipy=0.75	$R=I_a * I_p * R_o = 8 * 1 * 0.75 = 6$

Fuente: Elaboración Propia

Para la superposición de los modos se empleó la fórmula de la combinación cuadrática completa contemplando un 5% de amortiguamiento crítico.

5.4.4.1 Elaboración de Espectro de pseudo-aceleraciones según Norma E030-2018

Para el cálculo del espectro de pseudo-aceleraciones se utilizó los siguientes parámetros mostrados en la figura brindados por la Norma E030-2018 según la zona en la cual se está analizando (ver Figura 27).

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

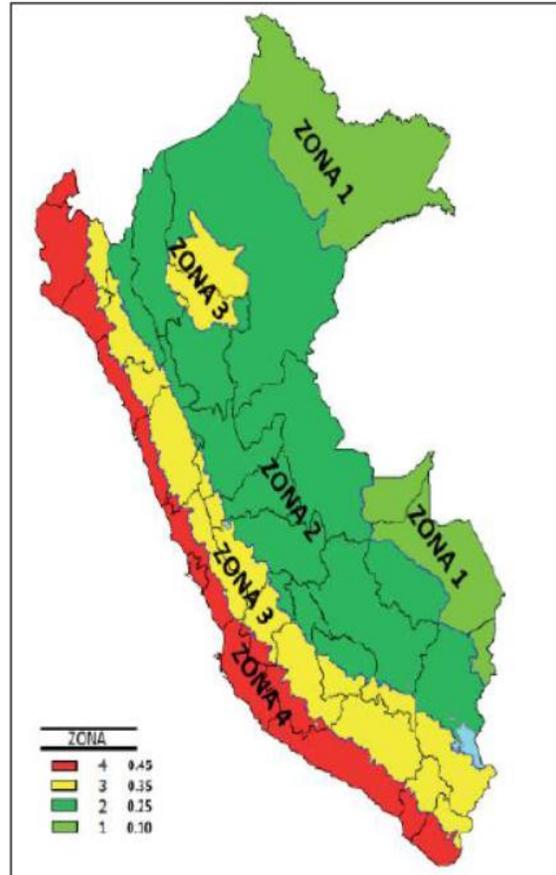


Figura 27: Parámetros para diseño Sismorresistente según Norma E030-2018

Fuente: Norma Técnica E.030-2018 Diseño Sismorresistente

A continuación, en la Tabla 6 se muestran los cálculos realizados para la obtención del espectro de pseudo aceleraciones, el cual se presenta como resultado en la Figura 28, así como su exportación al software en las figuras 29 y 30.

Tabla 6: Cálculo de puntos para espectro de pseudo-aceleraciones

Perfil de Suelo =	S2
Zona Sísmica =	Z4
Categoría =	C

Z	0.45		
T_P (S)	0.6	TL (S)=	2.00
Factor de suelo "S"=	1.05		
Factor de Uso "U"=	1.00		
R_x=R_o*I_a*I_p	6		
R_y=R_o*I_a*I_p	6		

Factor XX=Z*U*S*g/R_x=	0.45*1.0*1.05*9.81/6=0.7725
Factor YY=Z*U*S*g/R_y=	0.45*1.0*1.05*9.81/6=0.7725

T	C
0	2.5
0.1	2.5
0.2	2.5
0.3	2.5
0.4	2.5
0.5	2.5
0.6	2.5
0.7	2.1428571
0.8	1.875
0.9	1.6666667
1	1.5
1.1	1.3636364
1.2	1.25
1.3	1.1538462
1.4	1.0714286
1.5	1
1.6	0.9375

1.7	0.8823529
1.8	0.8333333
1.9	0.7894737
2	0.75
2.1	0.6802721
2.2	0.6198347
2.3	0.5671078
2.4	0.5208333
2.5	0.48
2.6	0.443787
2.7	0.4115226
2.8	0.3826531
2.9	0.3567182
3	0.3333333
3.1	0.3121748
3.2	0.2929688
3.3	0.2754821
3.4	0.2595156
3.5	0.244898
3.6	0.2314815
3.7	0.2191381
3.8	0.2077562
3.9	0.1972387
4	0.1875
4.1	0.1784652
4.2	0.170068
4.3	0.1622499
4.4	0.1549587
4.5	0.1481481
4.6	0.1417769
4.7	0.1358081
4.8	0.1302083
4.9	0.1249479
5	0.12

Fuente: Elaboración propia

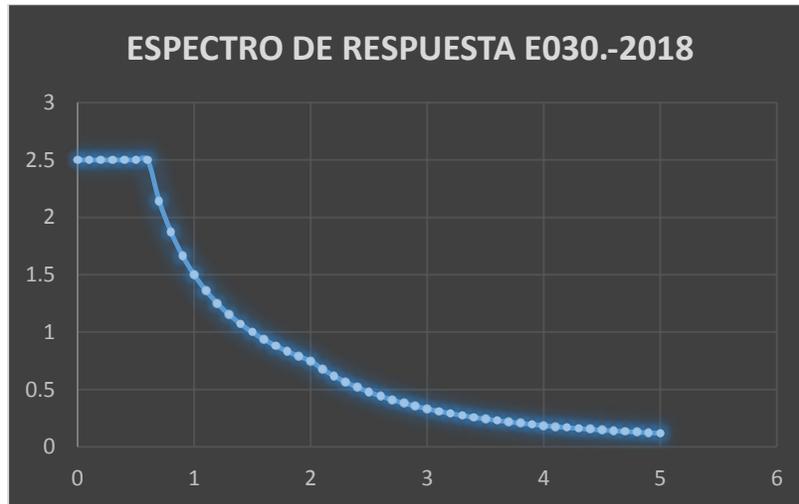


Figura 28: Espectro de Respuesta Resultante según Norma E.030-2018

Fuente: Elaboración Propia

The screenshot shows the 'Load Case Data' dialog box with the following configuration:

- General:**
 - Load Case Name: SDN XX
 - Load Case Type: Response Spectrum
 - Exclude Objects in this Group: Not Applicable
 - Mass Source: Previous (PESO:100%CM+25%CV)
- Loads Applied:**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESPECTRO E030-2...	0.7725
- Other Parameters:**
 - Modal Load Case: Modal
 - Modal Combination Method: CQC
 - Include Rigid Response
 - Rigid Frequency, f1: []
 - Rigid Frequency, f2: []
 - Periodic + Rigid Type: []
 - Earthquake Duration, td: []
 - Directional Combination Type: SRSS
 - Absolute Directional Combination Scale Factor: []
 - Modal Damping: Constant at 0.05
 - Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

Figura 29: Definición de Sismo Dinámico en la dirección X

Fuente: Elaboración Propia

Load Case Data

General

Load Case Name: SDN YY

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (PESO:100%CM+25%CV)

Design... Notes...

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	ESPECTRO E030-2...	0.7725

Add Delete

Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

Modify/Show... Modify/Show...

OK Cancel

Figura 30: Definición de Sismo Dinámico en la dirección Y

Fuente: Elaboración Propia

5.4.4.2 Análisis sísmico estático

Para la obtención del cortante estático, utilizamos los parámetros de la norma E030-2018, llámese el factor zona (Z), uso (U), suelo (S), factor de amplificación sísmica (C) y coeficiente de reducción sísmica (R), que depende del tipo de estructura. Así mismo obtenemos los factores T_p y T_l , que dependen del tipo de suelo de la edificación.

$$V = ZUCS/R \times \text{Peso} \quad (4)$$

Para la obtención del coeficiente de amplificación sísmica, calculamos del programa ETABS v2016.2.1, los periodos de vibración en cada una de las direcciones de análisis, teniendo en cuenta la restricción de la norma E030-2018, que si el periodo (T) es menor que el periodo T_p , nuestro coeficiente de amplificación C será igual a 2.5.

Para el cálculo del peso sísmico, se creó una combinación de carga donde consideramos el total de las cargas muertas más el 25 % de la carga viva, dicho esto mostramos nuestros resultados a resultados a continuación en las tablas de la 7 a la 9, en conjunto con los tres primeros modos de de vibración en la

Figura 31 y la distribución de fuerzas cortantes en dirección X e Y en las figuras 32 y 33 respectivamente:

Tabla 7: Cálculo de factores escala en dirección X e Y

Z=	0.45		
U=	1		
S=	1.05		
TP=	0.6		
TL=	2		
CX=	2.5	TX=	0.369
CY=	2.5	TY=	0.448
Rx=	6	Cx/Rx>0.11	0.4167

Ry=	6	Cy/Ry>0.11	0.4167		
	C COEF. SISMICO	PESO	CORTANTE	CORTANTE	FACTOR
		EDIFIC.	ESTATICA	DINÁMICA	ESCALA
VX=ZUCxS/Rx	0.196875	1141.931	224.8177444	126.2125	1.603137
VY=ZUCyS/Ry	0.196875	1141.931	224.8177444	135.7116	1.490926

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8: Factor de Masa Participativa

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
		sec												
Modal	1	0.448	0.2378	0.4146	0	0.2378	0.4146	0	0.1215	0.0616	0.1788	0.1215	0.0616	0.1788
Modal	2	0.369	0.4334	0.3618	0	0.6712	0.7764	0	0.096	0.1181	0.0279	0.2175	0.1797	0.2066
Modal	3	0.244	0.1605	0.0404	0	0.8317	0.8168	0	0.0132	0.0333	0.6394	0.2307	0.213	0.846
Modal	4	0.138	0.0392	0.0633	0	0.8709	0.8801	0	0.2968	0.1784	0.0223	0.5275	0.3914	0.8683
Modal	5	0.114	0.0574	0.0741	0	0.9283	0.9542	0	0.2979	0.3265	0.002	0.8254	0.718	0.8703
Modal	6	0.081	0.0092	0.0112	0	0.9374	0.9655	0	0.0399	0.0298	0.0002	0.8653	0.7478	0.8705
Modal	7	0.078	0.0156	0.0085	0	0.953	0.9739	0	0.0372	0.0951	0.1065	0.9025	0.8429	0.9771
Modal	8	0.068	0.0192	0.0003	0	0.9722	0.9742	0	0.0008	0.0608	0.0009	0.9034	0.9037	0.9779
Modal	9	0.063	0.0034	0.0171	0	0.9756	0.9913	0	0.059	0.0086	1.1E-05	0.9624	0.9123	0.9779
Modal	10	0.048	0.0049	0.0012	0	0.9804	0.9924	0	0.0077	0.0149	0.0028	0.97	0.9272	0.9807
Modal	11	0.045	0.0056	0.0033	0	0.9861	0.9958	0	0.0137	0.0211	0.0007	0.9837	0.9483	0.9813
Modal	12	0.043	0.0039	0.002	0	0.99	0.9978	0	0.0071	0.0126	0.0138	0.9908	0.9609	0.9952
Modal	13	0.039	0.0008	0.0004	0	0.9908	0.9983	0	0.0017	0.0028	0.0003	0.9925	0.9637	0.9954
Modal	14	0.034	0.0052	0.0003	0	0.996	0.9986	0	0.0014	0.0211	0.0009	0.9938	0.9848	0.9963
Modal	15	0.032	0.0008	0.0005	0	0.9969	0.9991	0	0.0023	0.0046	0.0027	0.9961	0.9894	0.999

Fuente: Elaboración Propia

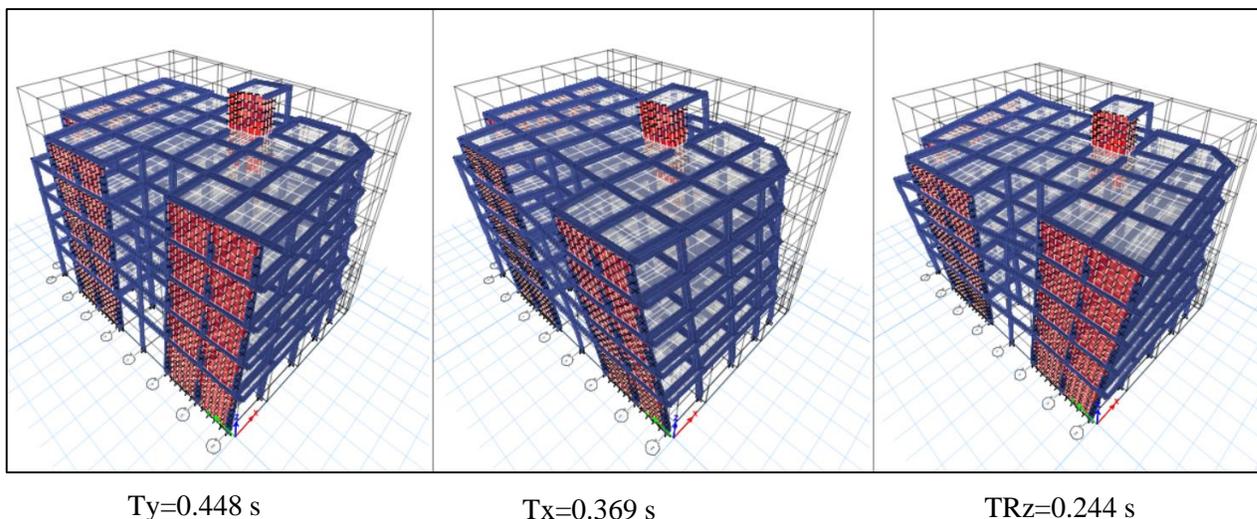


Figura 31: Tres primeros modos de vibración

Fuente: Elaboración Propia

5.4.4.3 Análisis Sísmico-Dinámico

Tabla 9: Cálculo de Fuerzas cortantes máximas en dirección X e Y

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
TECHO 1	SDN XX Max	Bottom	0	126.2125	101.2815	1700.2352	1044.5736	1294.3899
TECHO 1	SDN YY Max	Bottom	0	101.2815	135.7116	1544.3895	1394.5472	1040.721

Fuente: Elaboración Propia

Después de realizar el análisis correspondiente, se observaron que el porcentaje que absorben los muros de concreto armado asignados al modelo matemático no superan el 20 % de la cortante en la base, por lo que se concluye que el coeficiente básico de reducciones sísmicas R_0 igual a 8, fue correcto.

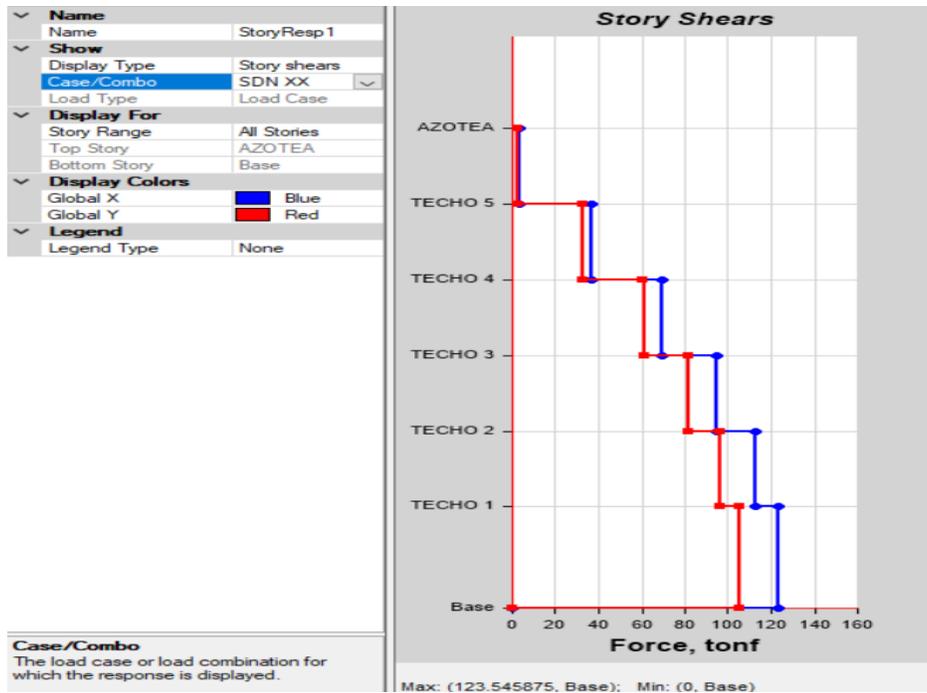


Figura 32: Distribución de fuerzas cortantes en la dirección X

Fuente: Elaboración Propia

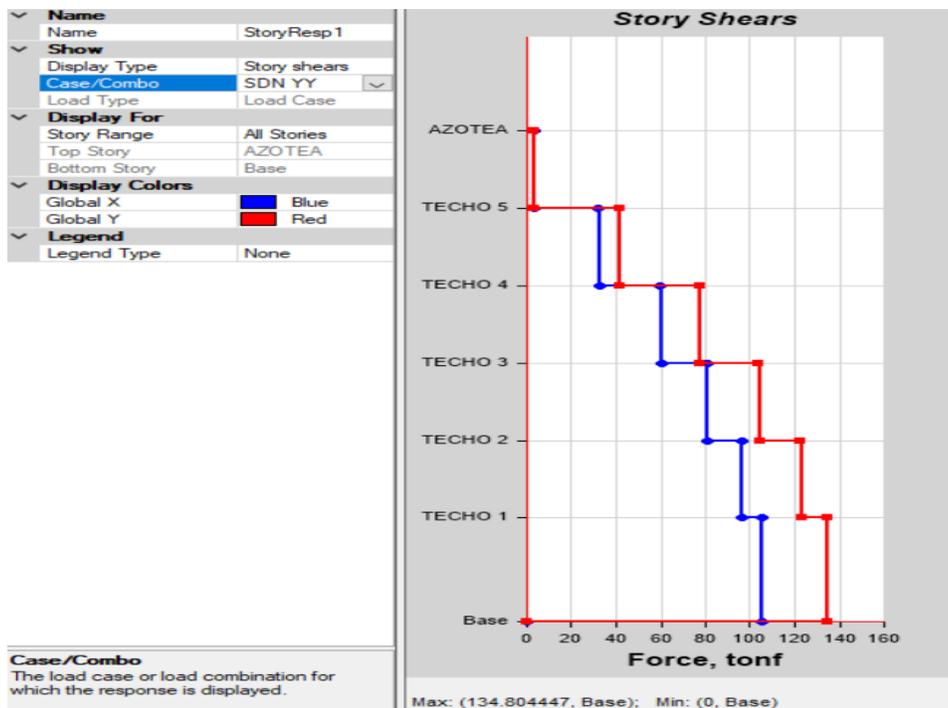


Figura 33: Distribución de fuerzas cortantes en la dirección Y

Fuente: Elaboración Propia

5.4.5 Fuerza cortante mínima

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entresqueño del edificio no podrá ser menor que el 80% del valor calculado según el numeral 4.5 para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos con los factores mostrados en la Tabla 10, excepto los desplazamientos.

Tabla 10: Cortantes según tipo de análisis y Factores de escala

CORTANTE ESTÁTICA	CORTANTE DINÁMICA	FACTOR DE ESCALA SISMO
224.82	126.21	1.6031
224.82	135.71	1.4909

Fuente: Elaboración Propia

Este factor de escala sísmica, se ingresó al programa ETABS (ver Figura 34 y Figura 35), mediante la creación de una combinación de carga, que multiplico el sismo dinámico con dio factor, siendo esta combinación el sismo de diseño que emplearemos para el diseño de elementos de concreto armado.

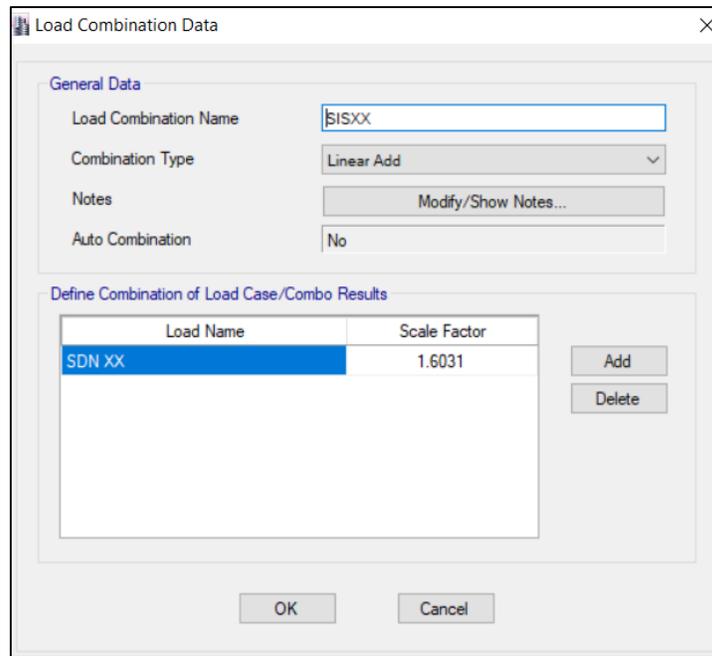


Figura 34: Definición del sismo de diseño en la dirección X

Fuente: Elaboración Propia

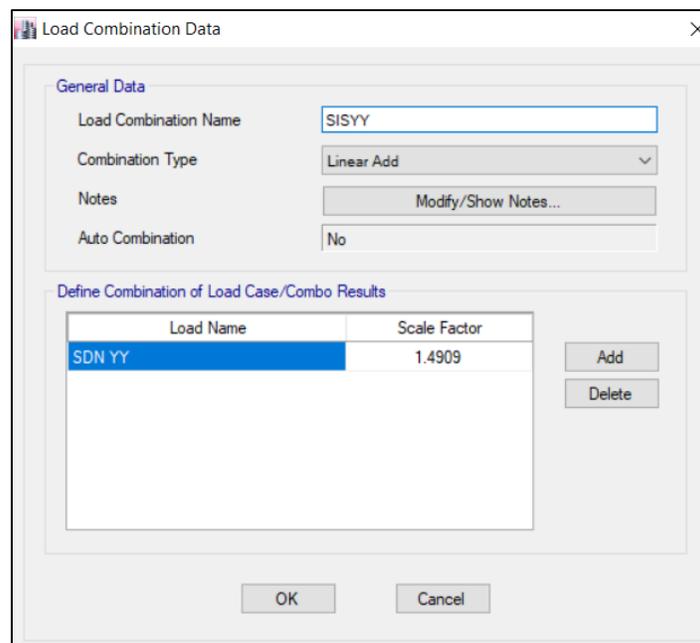


Figura 35: Definición del sismo de diseño en la dirección Y

Fuente: Elaboración Propia

5.4.6 Verificación de desplazamientos permisibles según Norma E.030-2018

Luego, se obtuvieron las derivas y se contrastaron con lo permisible indicado en la Norma E.030-2018 según el tipo de sistema estructural utilizado, para nuestro caso: 7/1000. Esto se realizó para las direcciones XX e YY, resultados indicados en las Tablas 11 y 12 respectivamente.

Tabla 11: Verificación de Derivas en la dirección XX

Story	Load Case/Combo	Direction	Label	X	Y	Z	Drift	OBSERVACION	
				m	m	M			
AZOTEA	DERIVA XX Max	X	49	11.995	6.25	16.8	0.002274	<7/1000	CUMPLE
TECHO 5	DERIVA XX Max	X	58	11.605	0	14.15	0.003176	<7/1000	CUMPLE
TECHO 4	DERIVA XX Max	X	58	11.605	0	11.5	0.004070	<7/1000	CUMPLE
TECHO 3	DERIVA XX Max	X	58	11.605	0	8.85	0.004818	<7/1000	CUMPLE
TECHO 2	DERIVA XX Max	X	58	11.605	0	6.2	0.005247	<7/1000	CUMPLE
TECHO 1	DERIVA XX Max	X	53	12.155	0.55	3.55	0.003407	<7/1000	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12: Verificación de Derivas en la dirección YY

Story	Load Case/Combo	Direction	Label	X	Y	Z	Drift	OBSERVACION	
				m	m	M			
AZOTEA	DERIVA YY Max	Y	50	11.995	8.95	16.8	0.004045	<7/1000	CUMPLE
TECHO 5	DERIVA YY Max	Y	42	14.095	20.3	14.15	0.003448	<7/1000	CUMPLE
TECHO 4	DERIVA YY Max	Y	42	14.095	20.3	11.5	0.004245	<7/1000	CUMPLE
TECHO 3	DERIVA YY Max	Y	42	14.095	20.3	8.85	0.004699	<7/1000	CUMPLE
TECHO 2	DERIVA YY Max	Y	42	14.095	20.3	6.2	0.004687	<7/1000	CUMPLE
TECHO 1	DERIVA YY Max	Y	61	13.545	1.94	3.55	0.003466	<7/1000	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

5.4.7 Verificación de irregularidades según Norma E.030-2018

Según el artículo 21.1 (tabla N°10) de la norma E030 – 2018, de acuerdo a la categoría de la edificación y la zona donde se ubique, se debe respetar ciertas restricciones de irregularidad.

Para nuestro caso, nuestra edificación siendo de uso categoría C, y ubicado en la zona 4, no están permitidas las irregularidades extremas.

5.4.7.1 Irregularidad extrema de rigidez

Existe esta irregularidad cuando en cualquiera de sus direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que el 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que el 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes (ver Tabla 13 y 14).

Tabla 13: Verificación de Irregularidad extrema de rigidez en la dirección XX

Story	Load Case	Stiffness X	Stiffness Y	RIGIDEZ POR PISO (tonf/m)	60% RIGIDEZ	70% RIGIDEZ PROMEDIO	
		tonf/m	tonf/m				
AZOTEA	SDN XX	2978.79	2091.65	2978.79	1787.27		CUMPLE
TECHO 5	SDN XX	20301.16	28503.61	17322.37	10393.42		CUMPLE
TECHO 4	SDN XX	39223.05	44286.36	18921.89	11353.13	8218.71	CUMPLE
TECHO 3	SDN XX	55098.17	54581.00	15875.13	9525.08	12161.19	CUMPLE
TECHO 2	SDN XX	70734.77	65273.86	15636.60	9381.96	11767.84	CUMPLE
TECHO 1	SDN XX	89923.36	71873.02	19188.59			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14: Verificación de Irregularidad extrema de rigidez en la dirección YY

Story	Load Case	Stiffness X	Stiffness Y	RIGIDEZ POR PISO (tonf/m)	60% RIGIDEZ	70% RIGIDEZ PROMEDIO	
		tonf/m	tonf/m				
AZOTEA	SDN YY	2687.84	1854.00	1854.00	1112.40		CUMPLE
TECHO 5	SDN YY	31204.04	22932.49	21078.49	12647.09		CUMPLE
TECHO 4	SDN YY	44285.18	44735.89	21803.40	13082.04	10438.37	CUMPLE
TECHO 3	SDN YY	50709.47	59312.33	14576.44	8745.86	13406.94	CUMPLE
TECHO 2	SDN YY	55564.94	75652.71	16340.38	9804.23	12301.38	CUMPLE
TECHO 1	SDN YY	64258.61	92197.35	16544.64			

Fuente: Elaboración Propia

5.4.7.2 Irregularidad extrema de resistencia

Existe esta irregularidad cuando en cualquiera de sus direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior al 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior, se comprueba en las Tablas 15 y 16 para dirección X e Y.

Tabla 15: Verificación de Irregularidad extrema de resistencia en la dirección XX

Story	Load Case/Combo	Location	VX	VY	65% Vx	
			tonf	tonf		
AZOTEA	SDN XX Max	Bottom	3.386	2.788	2.201	CUMPLE
TECHO 5	SDN XX Max	Bottom	38.397	31.458	24.958	CUMPLE
TECHO 4	SDN XX Max	Bottom	71.910	58.665	46.742	CUMPLE
TECHO 3	SDN XX Max	Bottom	97.768	78.824	63.549	CUMPLE
TECHO 2	SDN XX Max	Bottom	116.022	92.829	75.414	CUMPLE
TECHO 1	SDN XX Max	Bottom	126.213	101.282		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16: Verificación de Irregularidad extrema de resistencia en la dirección YY

Story	Load Case/Combo	Location	VX	VY	65% Vx	
			tonf	tonf		
AZOTEA	SDN YY Max	Bottom	2.753	3.541	2.302	CUMPLE
TECHO 5	SDN YY Max	Bottom	31.743	42.423	27.575	CUMPLE
TECHO 4	SDN YY Max	Bottom	58.301	78.437	50.984	CUMPLE
TECHO 3	SDN YY Max	Bottom	78.555	105.219	68.392	CUMPLE
TECHO 2	SDN YY Max	Bottom	93.208	124.074	80.648	CUMPLE
TECHO 1	SDN YY Max	Bottom	101.282	135.712		

Fuente: Elaboración Propia

5.4.7.3 Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes

Para nuestro caso, no existe esta irregularidad puesto que nuestros sistemas resistentes son continuos desde la cimentación hasta el último nivel, y no sufren cambios de sección.

5.4.7.4 Irregularidad torsional extrema

Existe esta irregularidad cuando en cualquiera de sus direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio en esa dirección, es mayor que 1.5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (ver Tabla 17 y 18).

Tabla 17: Verificación de Irregularidad torsional extrema en la dirección XX

Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	OBS	
TECHO 5	DERIVA XX Max	Diaph D5 X	0.00318	0.00215	1.474	< 1.5	CUMPLE
TECHO 4	DERIVA XX Max	Diaph D4 X	0.00407	0.00276	1.477	< 1.5	CUMPLE
TECHO 3	DERIVA XX Max	Diaph D3 X	0.00482	0.00324	1.488	< 1.5	CUMPLE
TECHO 2	DERIVA XX Max	Diaph D2 X	0.00525	0.00350	1.498	< 1.5	CUMPLE
TECHO 1	DERIVA XX Max	Diaph D1 X	0.00341	0.00242	1.408	< 1.5	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: Verificación de Irregularidad torsional extrema en la dirección YY

Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	OBS	
TECHO 5	DERIVA YY Max	Diaph D5 Y	0.00345	0.00282	1.222	< 1.5	CUMPLE
TECHO 4	DERIVA YY Max	Diaph D4 Y	0.00425	0.00337	1.258	< 1.5	CUMPLE
TECHO 3	DERIVA YY Max	Diaph D3 Y	0.00470	0.00366	1.283	< 1.5	CUMPLE
TECHO 2	DERIVA YY Max	Diaph D2 Y	0.00469	0.00358	1.308	< 1.5	CUMPLE
TECHO 1	DERIVA YY Max	Diaph D1 Y	0.00347	0.00263	1.319	< 1.5	CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia

En un principio en la primera corrida del modelo matemático, se obtuvo que nuestra estructura fallaba por torsión extrema, por lo que se optó por reforzarla con dos muros de concreto armado de longitudes 20x120, ubicadas en los extremos de la caja de la escalera, con lo que se pudo limitar la torsión extrema, mas no la irregularidad de torsión por sí misma.

5.4.8 Combinaciones y Resultados del análisis estructural

Se consideran las combinaciones de carga exigidas por la norma E060.

C1: 1.4CM+1.7CV

C2: 1.25 (CM+CV)+/-SISXX

C3: 1.25 (CM+CV)+/-SISYY

C4: 0.90 CM+/-SISXX

C5: 0.90 CM+/-SISYY

Donde CM: carga muerta, CV: carga viva, SIS: sismo de diseño.

Se trazo una envolvente, para el diseño por flexión de las zapatas, losas, y vigas de cimentación (ver Figura 36).

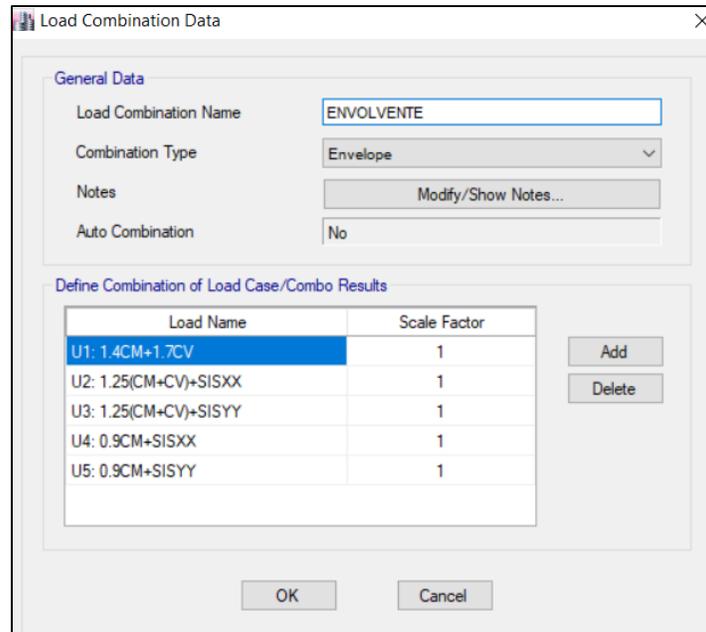


Figura 36: Detalle de definición de envolvente

Fuente: Elaboración Propia

5.4.9 Exportación de cargas del modelo hacia el software SAFE 2016 v16.0.2

Para el análisis y diseño de la Cimentación se utilizó el Programa de cálculo de losas y cimentaciones SAFE2016 v16.0.2.

Para dicha exportación, se le solicita primeramente al software ETABS 2016 v16.2.1, que me entregue todas las caras de gravedad y sísmicas resultantes desde la base (ver Figura 37 a Figura 39Figura 40), así como todas las combinaciones de carga, incluida la envolvente.

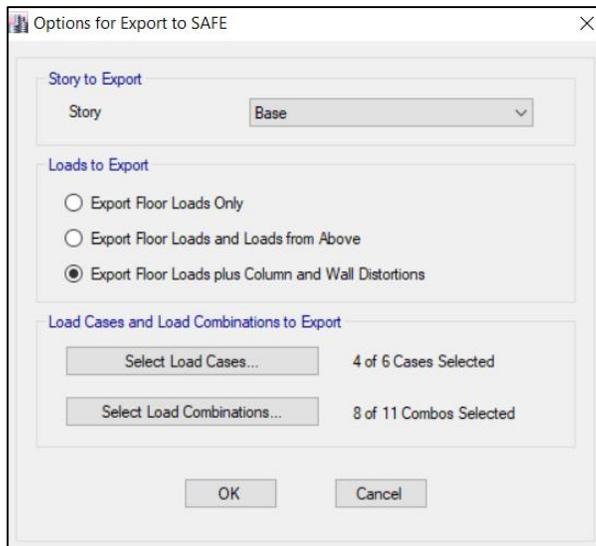


Figura 37: Opciones de exportación al SAFE 2016 v16.0.2

Fuente: Elaboración Propia

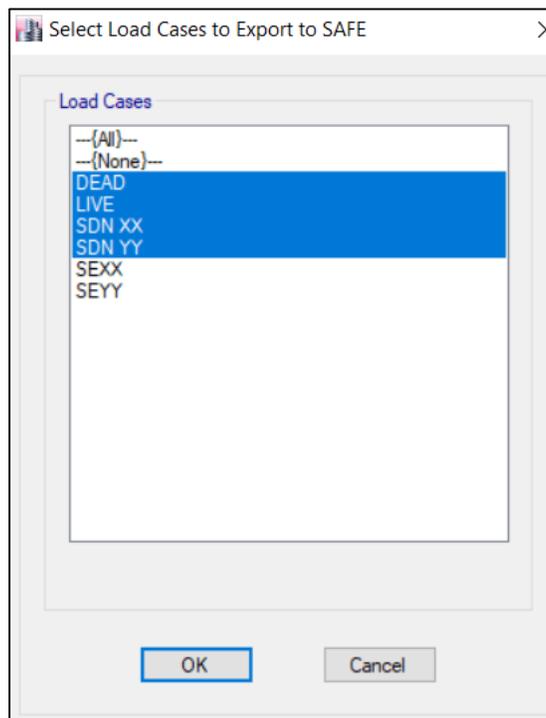


Figura 38: Estados de carga exportados

Fuente: Elaboración Propia

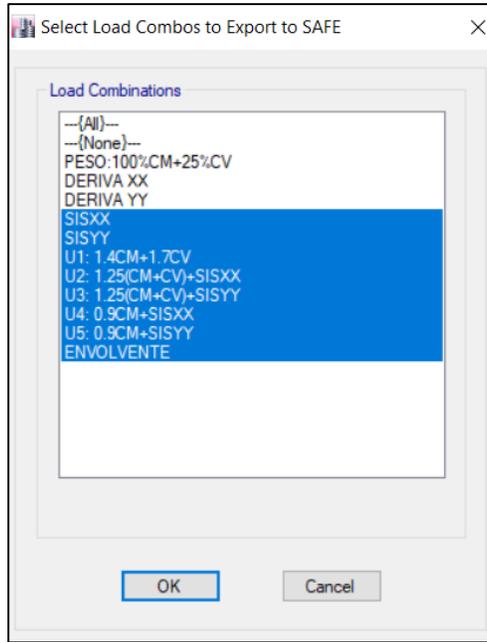


Figura 39: Combinaciones de carga exportadas

Fuente: Elaboración Propia

Después, como se puede apreciar en la Figura 40, la exportación de todos los ejes más las cargas de gravedad y sísmicas que llegan hasta el nivel de la base, ya en el software SAFE 2016 v16.0.2.

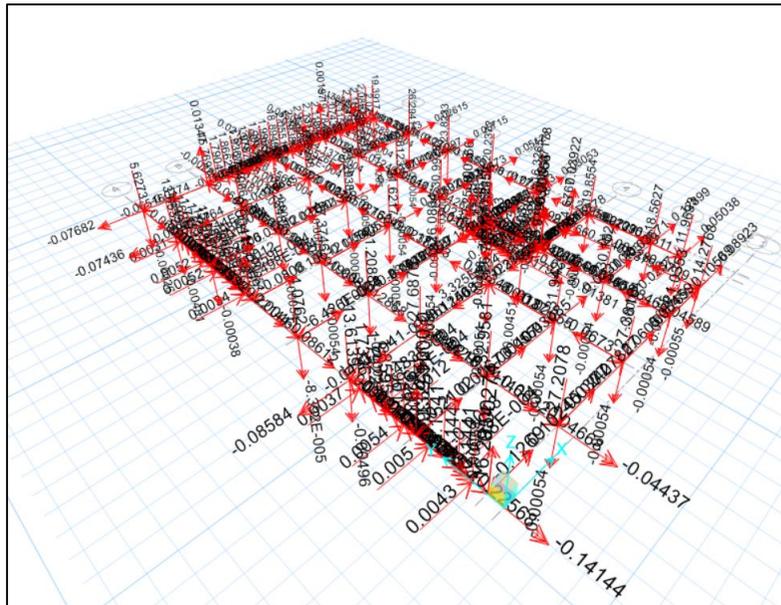


Figura 40: Cargas de gravedad y sísmicas exportadas al SAFE 2016 v16.0.2

Fuente: Elaboración Propia

5.4.10 Definición de elementos estructurales en el software SAFE 2016 v16.0.2

Para la definición de las zapatas y cimientos corridos, se asume un peralte inicial mínimo de 60 cm, para luego ser corroborado con la verificación por punzonamiento, después de dicha verificación se observó, que se necesitaba más peralte para el caso de cimientos corridos, por lo que se incrementó hasta 90 cm.

Para zapatas se utilizó el tipo Mat (ver Figura 41 y Figura 42) ya que también contamos con zapatas combinadas que necesitaran una parrilla para el momento positivo y negativo.

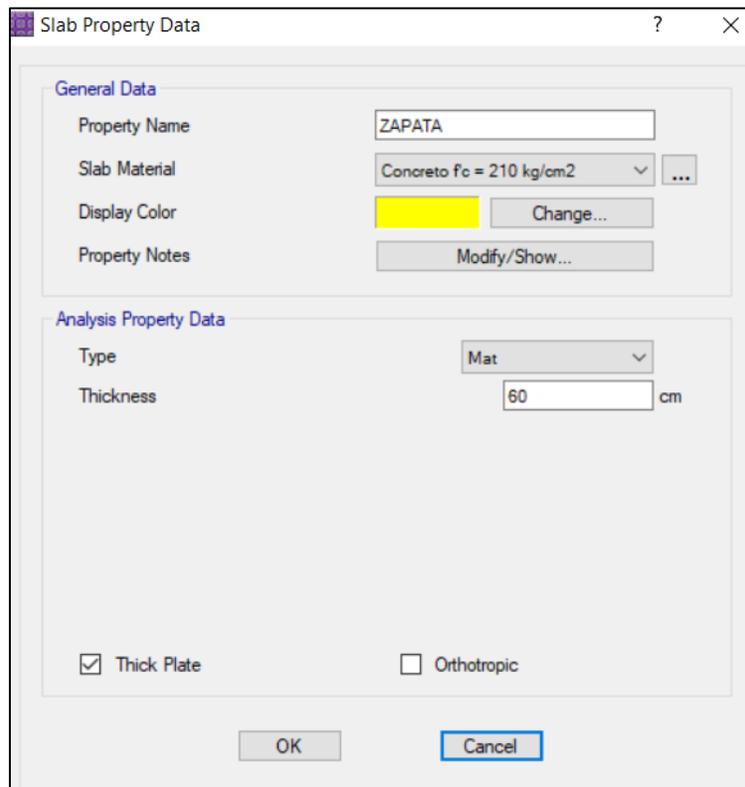


Figura 41: Definición de zapata

Fuente: Elaboración Propia

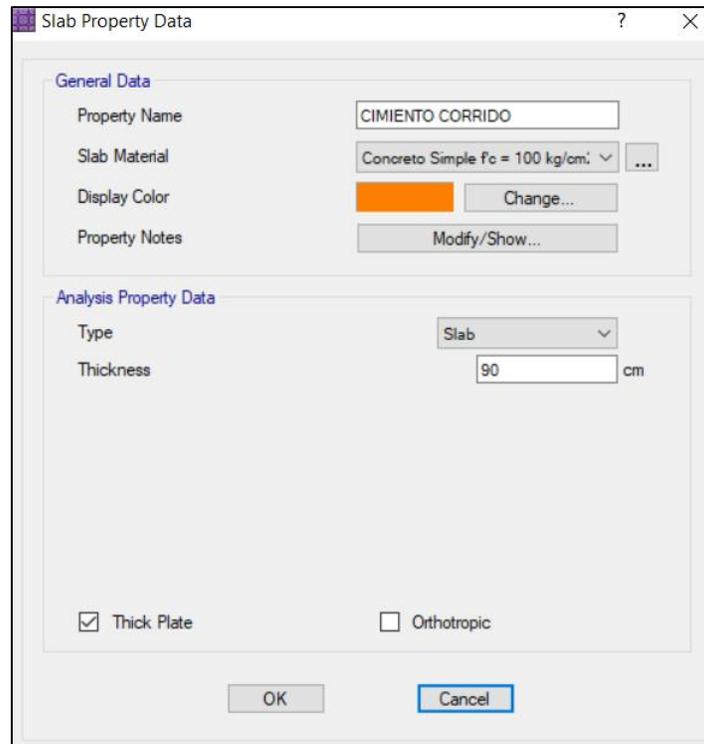


Figura 42: Definición de cimiento corrido

Fuente: Elaboración Propia

Cabe recordar que para el caso de cimientos corridos se creó un nuevo material con concreto ciclópeo $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$.

Para el caso de vigas de cimentación, pre dimensionamos la viga utilizando la luz libre entre columnas $L/8$, obteniendo vigas de 25×50 , como se muestra en la Figura 43.

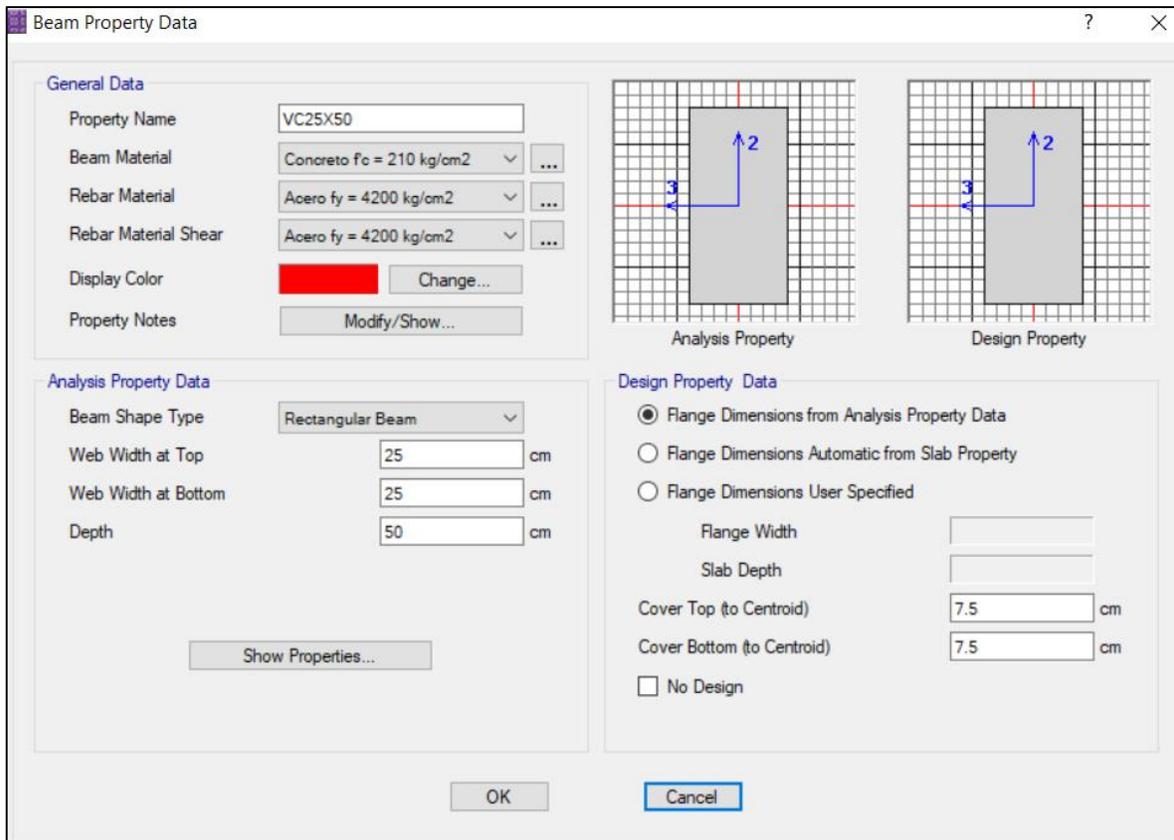


Figura 43: Definición de viga de cimentación

Fuente: Elaboración Propia

Para la definición del suelo, en el software SAFE 2016 v16.0.2, nos solicita ingresar el valor del coeficiente de balasto, por lo que utilizaremos la Tabla 19 que relaciona la capacidad portante admisible del suelo y el coeficiente de balasto como referencia (ver Figura 44).

Tabla 19: Valores de capacidad portante en función al coeficiente de Balasto

Modulo de Reaccion del Suelo					
<i>Datos para SAFE</i>					
Esf Adm (Kg/Cm ²)	Winkler (Kg/Cm ³)	Esf Adm (Kg/Cm ²)	Winkler (Kg/Cm ³)	Esf Adm (Kg/Cm ²)	Winkler (Kg/Cm ³)
0.25	0.65	1.55	3.19	2.85	5.7
0.3	0.78	1.6	3.28	2.9	5.8
0.35	0.91	1.65	3.37	2.95	5.9
0.4	1.04	1.7	3.46	3	6
0.45	1.17	1.75	3.55	3.05	6.1
0.5	1.3	1.8	3.64	3.1	6.2
0.55	1.39	1.85	3.73	3.15	6.3
0.6	1.48	1.9	3.82	3.2	6.4
0.65	1.57	1.95	3.91	3.25	6.5
0.7	1.66	2	4	3.3	6.6
0.75	1.75	2.05	4.1	3.35	6.7
0.8	1.84	2.1	4.2	3.4	6.8
0.85	1.93	2.15	4.3	3.45	6.9
0.9	2.02	2.2	4.4	3.5	7
0.95	2.11	2.25	4.5	3.55	7.1
1	2.2	2.3	4.6	3.6	7.2
1.05	2.29	2.35	4.7	3.65	7.3
1.1	2.38	2.4	4.8	3.7	7.4
1.15	2.47	2.45	4.9	3.75	7.5
1.2	2.56	2.5	5	3.8	7.6
1.25	2.65	2.55	5.1	3.85	7.7
1.3	2.74	2.6	5.2	3.9	7.8
1.36	2.72	2.65	5.3	3.95	7.9
1.4	2.92	2.7	5.4	4	8
1.45	3.01	2.75	5.5		
1.5	3.1	2.8	5.6		

Fuente: Elaboración Propia

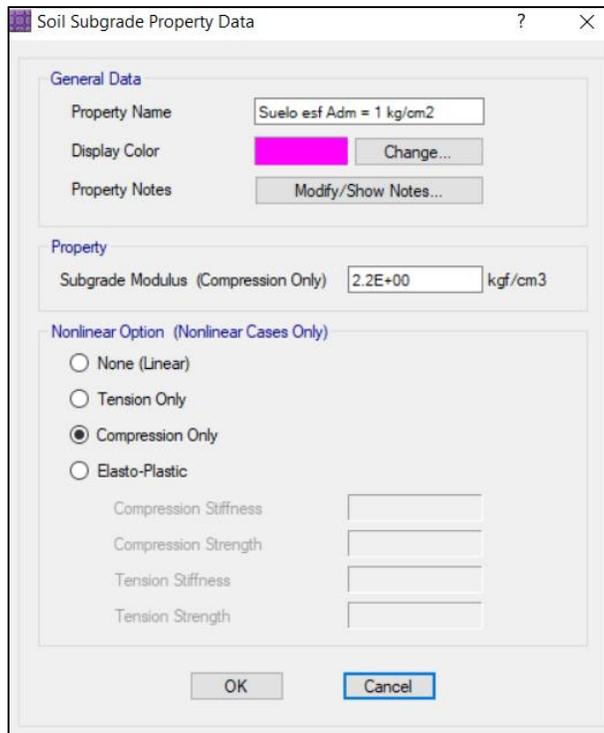


Figura 44: Definición del suelo

Fuente: Elaboración Propia

Habiendo definido todos nuestros elementos de concreto armado y suelo, procedimos a realizar el pre dimensionamiento de las zapatas, para posteriormente ser modeladas en el software SAFE 2016 v16.0.2 (ver Figura 45).

Dimensionamiento de la zapata del eje 7C:

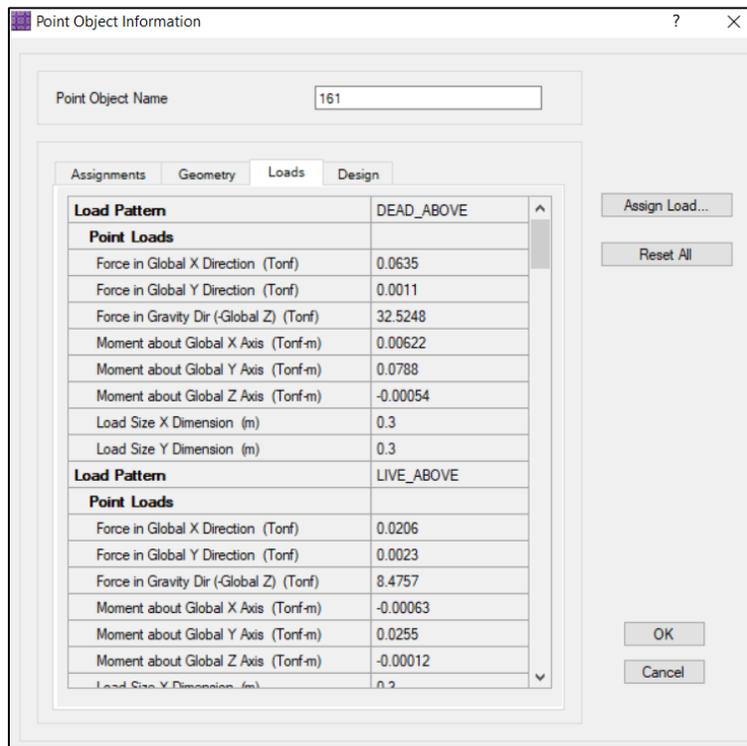


Figura 45: Cargas en el punto especificado

Fuente: Elaboración Propia

$$P_D = 32.52 \text{ t}, P_L = 8.48 \text{ t}$$

Resultados obtenidos del analisis estructural

$$COL = 30 \times 30 \text{ cm}^2, \sigma_t = 1.0 \text{ kg/cm}^2, D_f = 1.50 \text{ m}, \gamma_s = 1.80 \text{ t/m}^3, S/C = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2, f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{efect}} = \sigma_t - \gamma_m D_f - S/C = 10 - 2.1 \times 1.5 - 0.2 = 6.65 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$$

$$A_{ZAP} = \frac{P_s}{\sigma_{\text{efect}}} = \frac{32.52 + 8.48}{6.65} = 6.1654 \text{ m}^2$$

Usar zapatas de $2.50 \times 2.50 \text{ m}^2$

De este mismo modo se hizo para el resto de las zapatas, obteniendo como resultado, el siguiente modelo matemático mostrado en la Figura 46:

Las cargas que se le asignaron al modelo matemático fueron las siguientes:

Carga Muerta = 2.1 t/m² (están incluidas el peso del relleno del suelo mas el peso de la parte inferior de la columna de concreto armado)

Carga Viva = 0.2 t/m² (carga viva de entrepiso sugerida por la norma E.020)

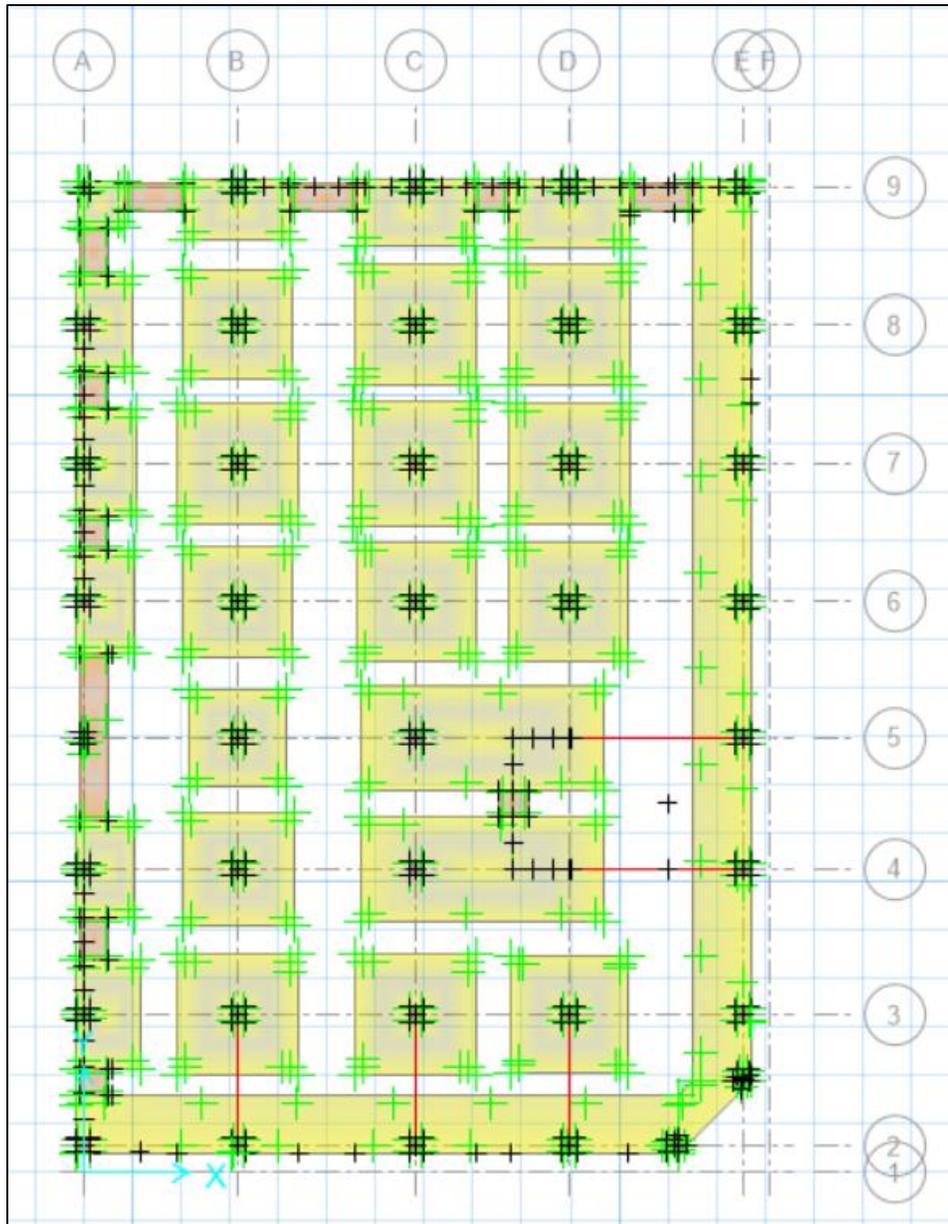


Figura 46: Cimentación propuesta I

Fuente: Elaboración Propia

5.4.11 Verificación de presiones, diseño por punzonamiento y diseño por flexión

Después de la primera corrida, el software SAFE v16.0.2 nos entrega como resultado el diagrama de desplazamientos producidos en la cimentación, mostrado en la Figura 47.

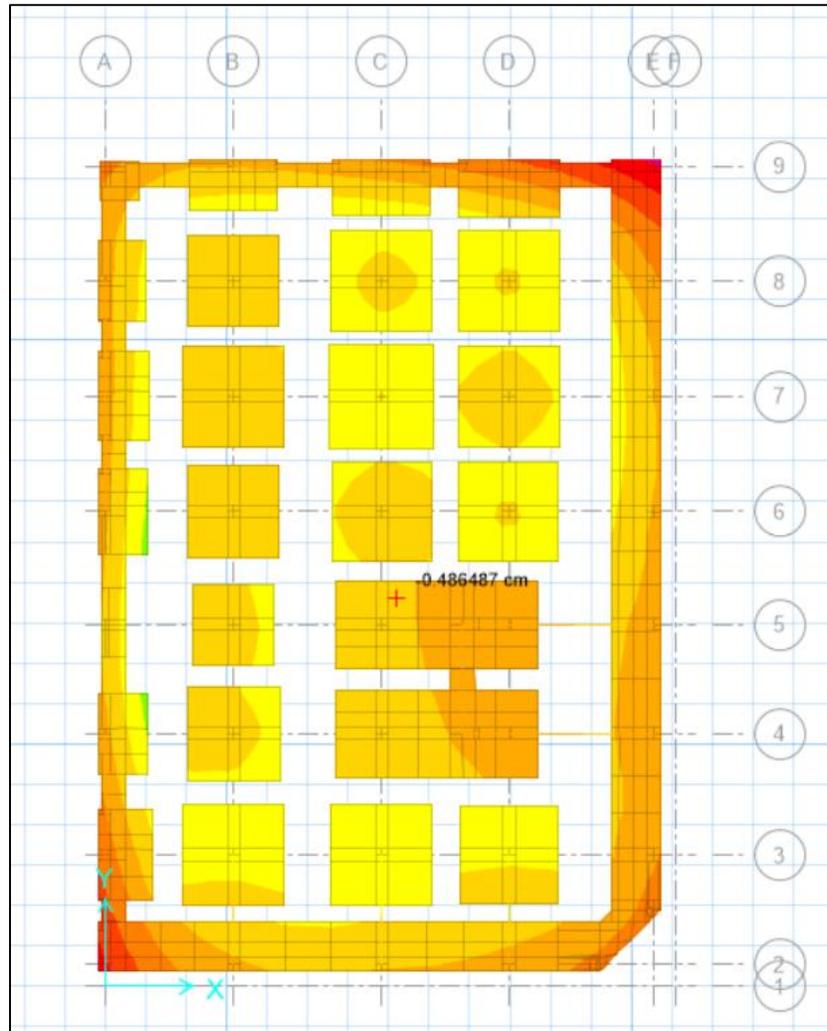


Figura 47: Desplazamientos producidos en la zapata

Fuente: Elaboración Propia

Luego se pasó a realizar la verificación de presiones efectivas producidas hacia la zapata (ver Figura 48), para comprobar que el dimensionamiento propuesto es el correcto, cabe recordar que estas presiones efectivas deben ser menores a la capacidad portante del suelo.

$$\sigma_{\text{actuante}} < \sigma_t$$

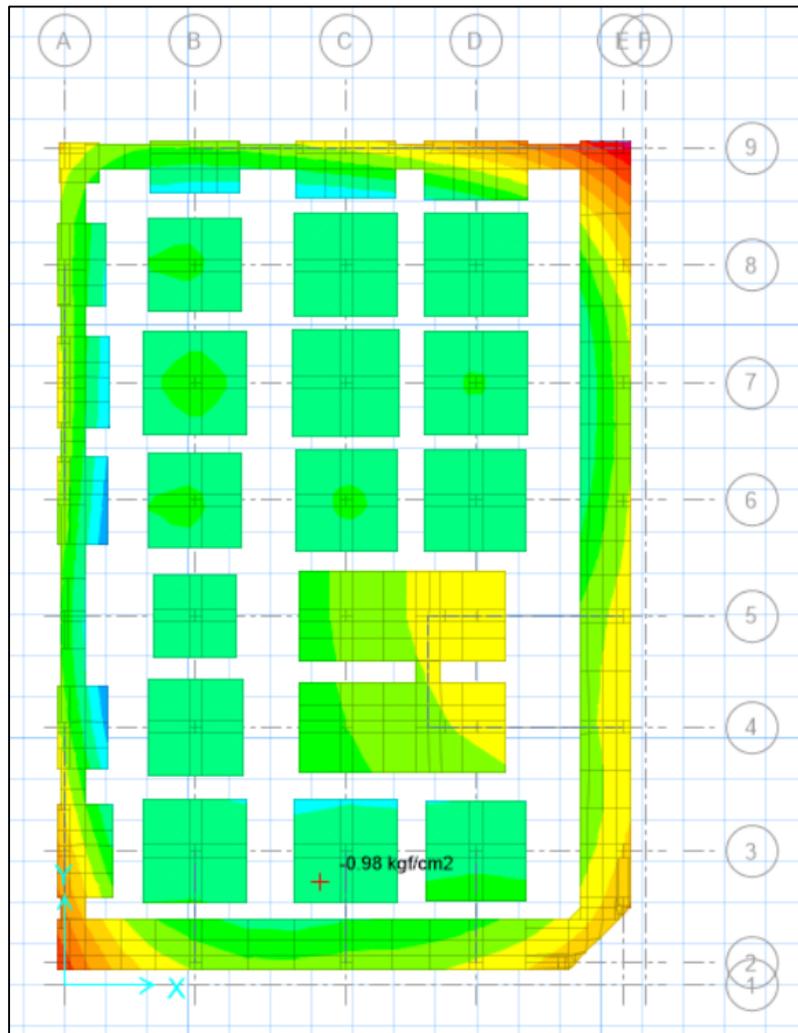


Figura 48: Diagrama de esfuerzos efectivos producidos en la zapata

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar que el esfuerzo máximo producida por la cimentación es de 0.98 kg/cm², es menor a la capacidad portante admisible de 1.0 kg/cm² por lo que es correcto el diseño de la cimentación propuesta 1.

Para la verificación por punzonamiento, el software nos proporcionará un valor que representa la demanda V_u o la cortante ultima producida por la zapata, entre la capacidad ϕV_c o también llamada la cortante de diseño, dicho valor deberá ser menor a uno para verificar que cumple nuestra cimentación por punzonamiento ($V_u < \phi V_c$), ilustrado en la Figura 49.

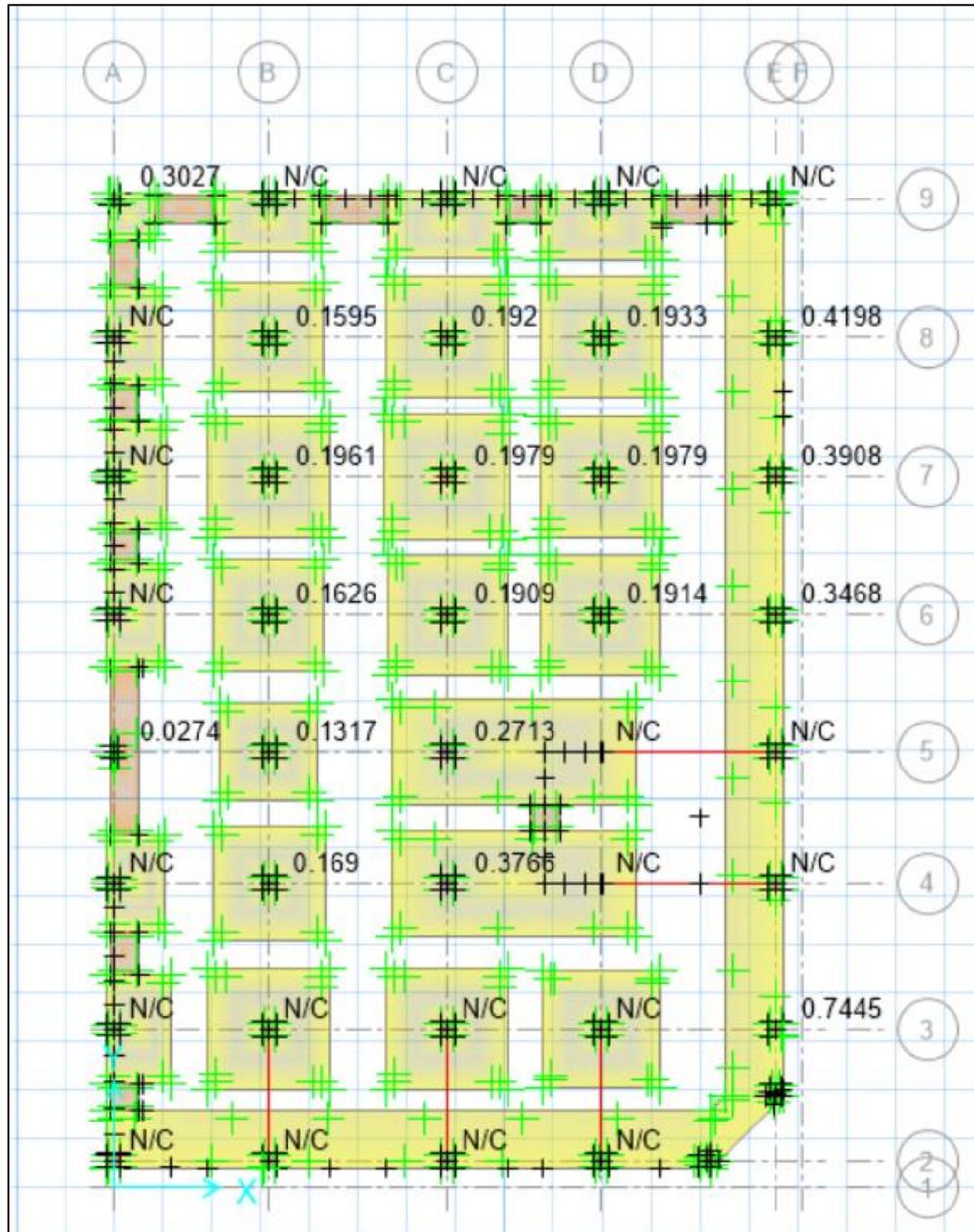


Figura 49: Variación del factor de punzonamiento en toda la cimentación

Fuente: Elaboración Propia

Se observo que dichos factores son menores a uno por lo que se concluye que el peralte asumido inicialmente de 60 cm es correcto.

Para el diseño por flexión, el software SAFE 2016 v16.0.2 nos facilita con darnos resultados de área de acero total en la parte superior o inferior de la zapata (ver Figura 50 y Figura 51), así como el número de varillas especificando el diámetro respectivo, para nuestro caso asumieron como diámetro de nuestras varillas 5/8”.

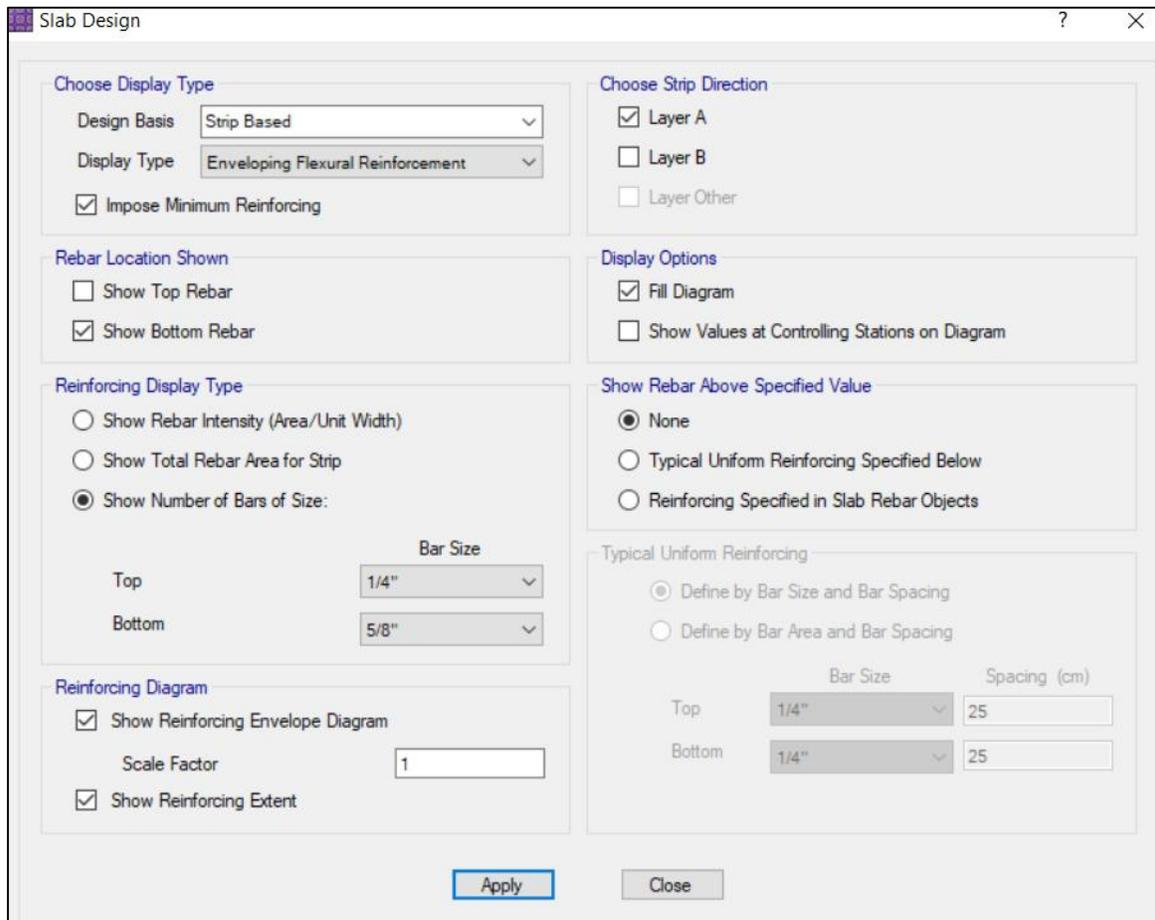


Figura 50: Opciones de resultados de cantidad de acero en la cimentación

Fuente: Elaboración Propia

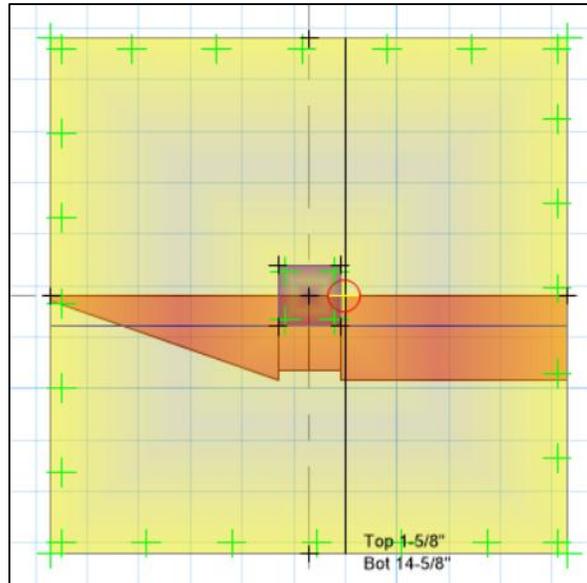


Figura 51: Variación de cantidad de acero en la zapata

Fuente: Elaboración Propia

El programa nos pide para nuestra zapata 14 varillas de 5/8", de esta misma forma hacemos para cada una de las zapatas.

5.4.12 Diseño de la losa de cimentación

Para el diseño de la losa de cimentación, se emplearán los mismos pasos expuestos anteriormente.

Para la losa, se empleó una capa de espesor 25 cm (ver Figura 52), y unas vigas que limitaran la falla de punzonamiento (ver Figura 53), dichas vigas las llamaremos vigas de nervadura, y tendrán como peralte 60 cm, para que así puedan limitar esa falla.

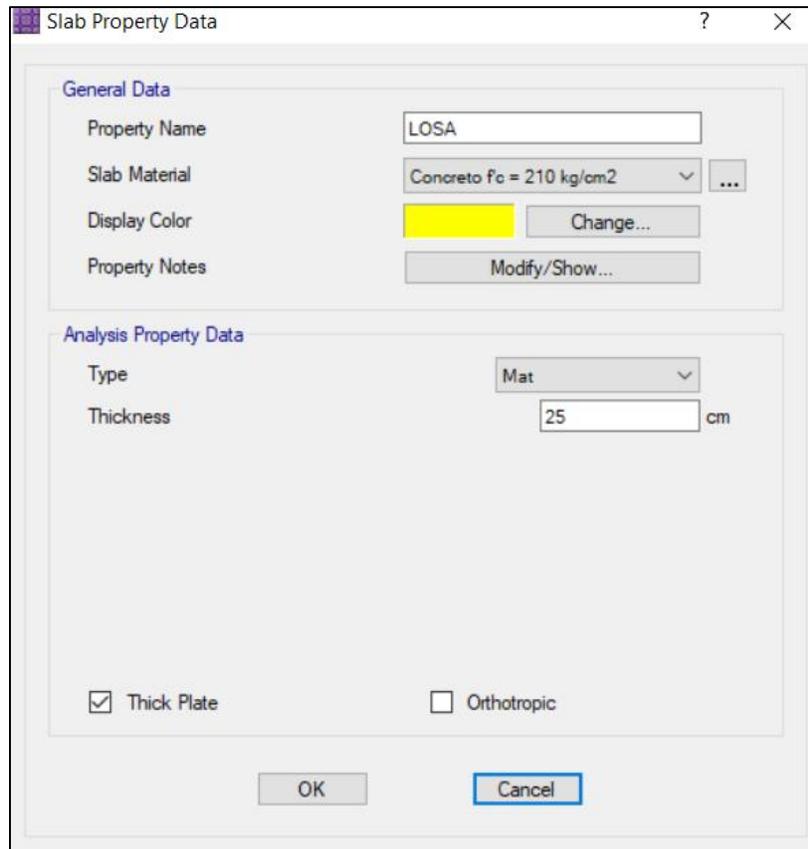


Figura 52: Definición de losa

Fuente: Elaboración Propia

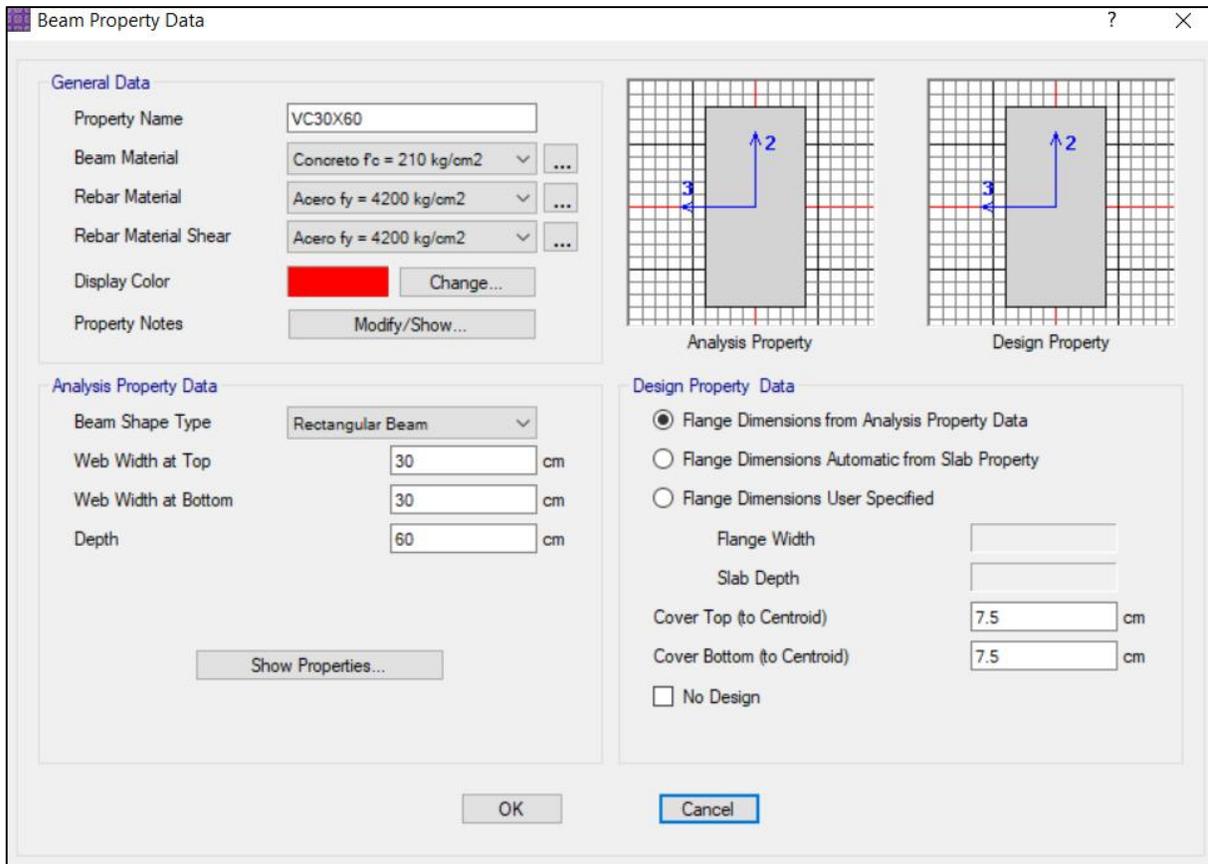


Figura 53: Definición de vigas de nervadura

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo luego finalmente el siguiente modelo matemático de la losa de cimentación mostrado en la Figura 54:

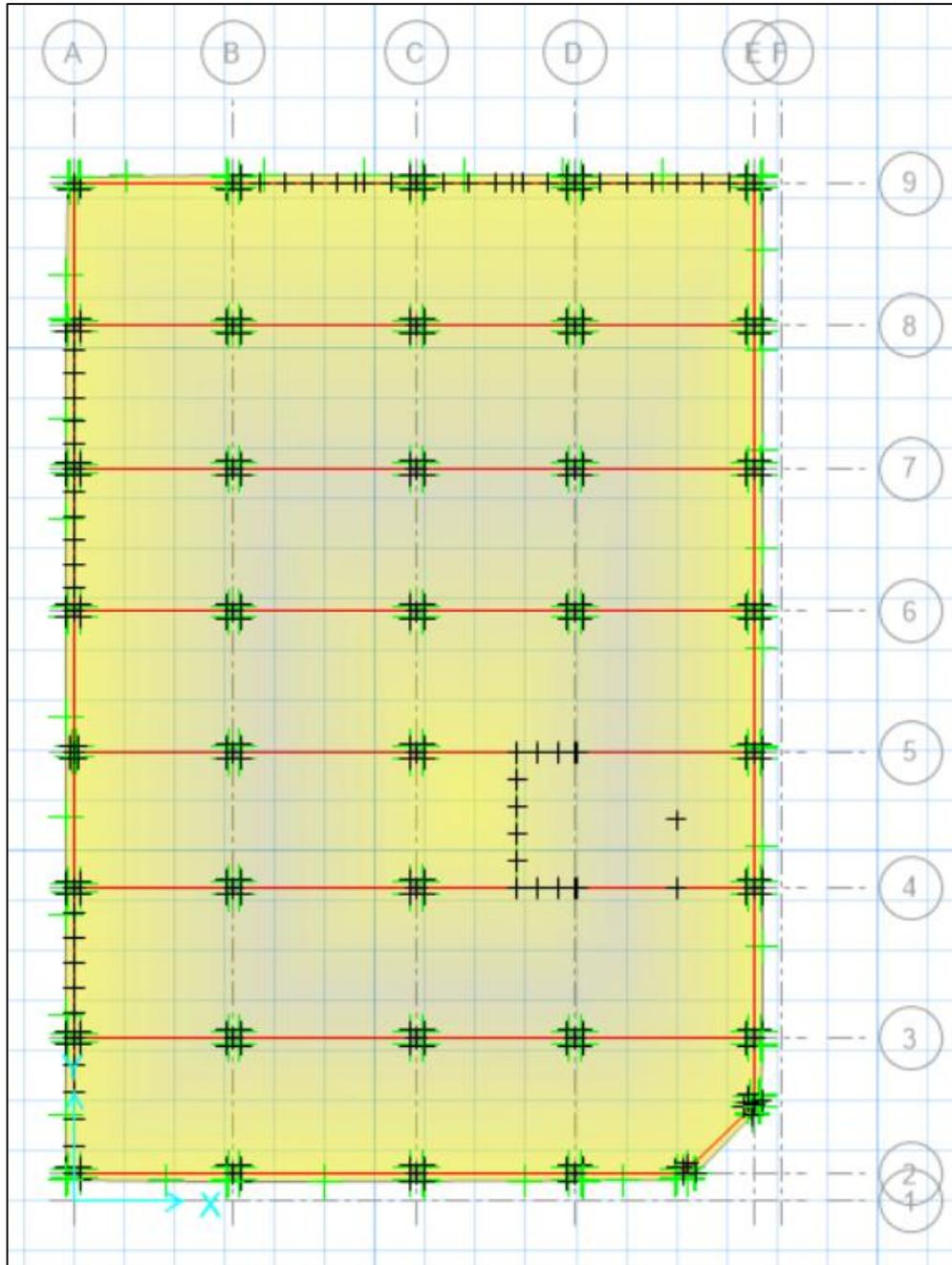


Figura 54: Cimentación propuesta 2

Fuente: Elaboración Propia

Se procedió luego a la verificación de presiones efectivas ilustrado en la Figura 55:

$$\sigma_{\text{actuante}} < \sigma_t$$

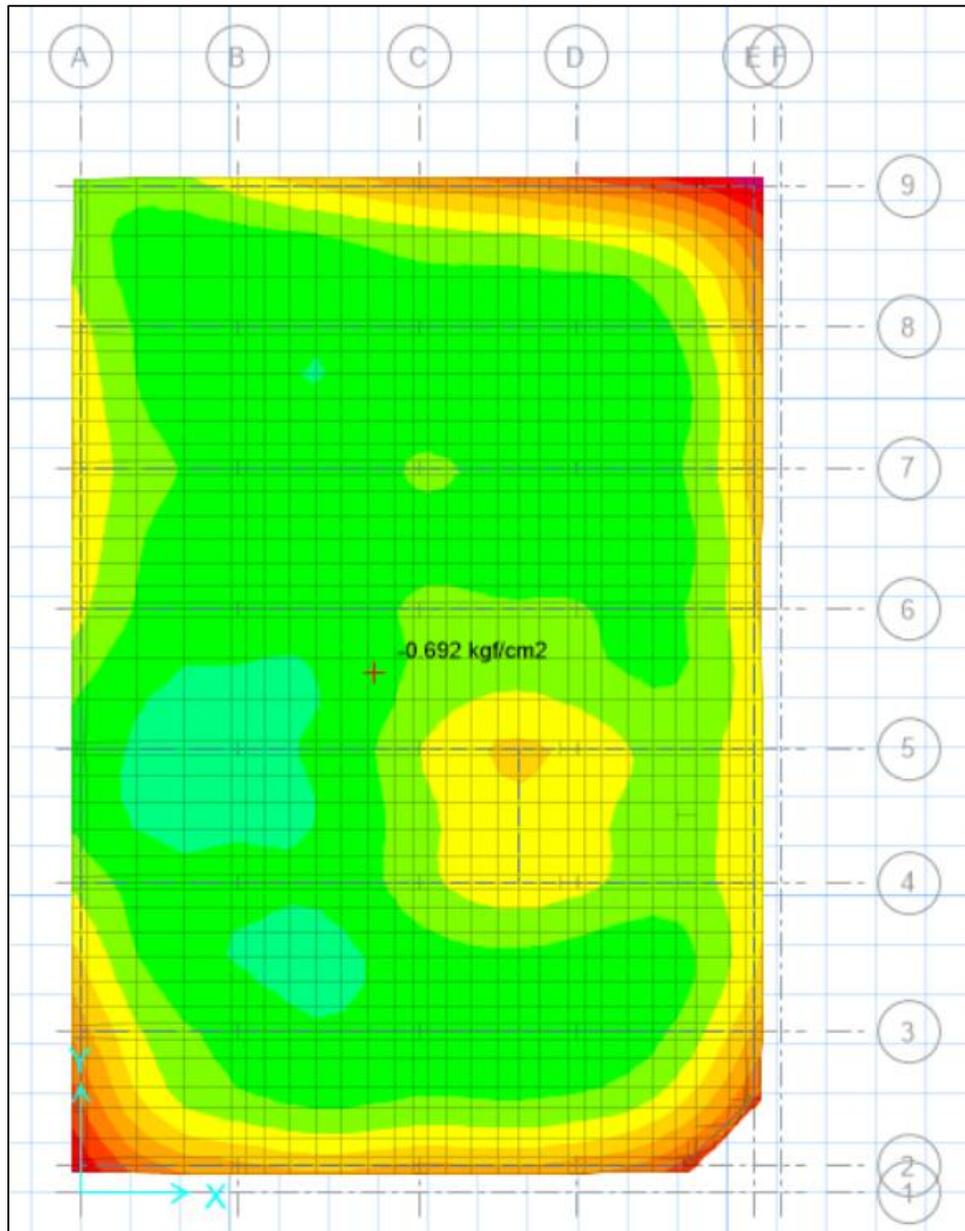


Figura 55: Diagrama de presiones en la losa

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar que el esfuerzo máximo producida por la cimentación es de 0.692 kg/cm^2 , es menor a la capacidad portante admisible de 1.0 kg/cm^2 por lo que es correcto.

Del mismo modo, se procedió a la verificación por punzonamiento (ver Fig. 56):

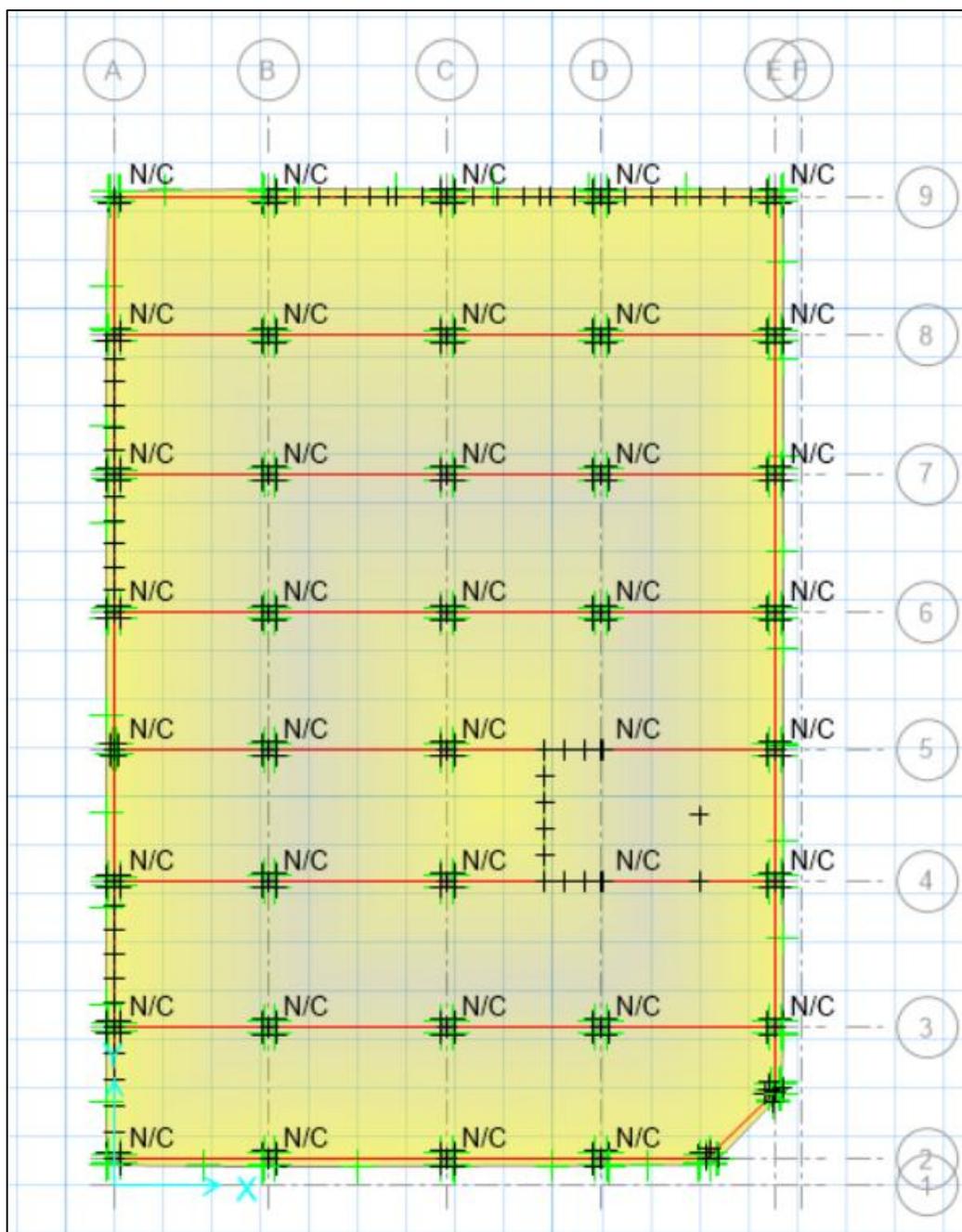


Figura 56: Verificación por punzonamiento en losa

Fuente: Elaboración Propia

Se observó que cumple con punzonamiento por lo tanto son aceptables las dimensiones de viga y losa anteriormente propuestas. Para el diseño por flexión se utilizaron los mismo pasos que en la propuesta anterior.

CAPITULO VI: EVALUACION ECONOMICA Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Consideraciones

Para efectos del metrado y posterior cotización, se tomaron consideraciones relevantes para el proceso constructivo en campo las cuales influyen directamente en el costo de cada alternativa.

6.1.1 Alternativa de zapatas aisladas, conectadas y combinadas

Los elementos estructurales presentes en esta alternativa de cimentación están únicamente compuestos por zapatas de varios tipos, las cuales, al tener una dimensión en planta considerable, resultan estar muy próximas unas a otras. Esto significaría dificultad para la excavación individual de cada una de ellas por los posibles derrumbamientos de terreno. Es por esta razón que se decidió cuantificar la totalidad del terreno en el proceso constructivo de excavaciones para zapatas, la cual en este caso también cubriría la excavación para zanjas de cimientos corridos.

6.1.2 Alternativa de losa de cimentación

Esta alternativa de cimentación consta de una losa maciza con vigas armadas (nervaduras), las cuales se ubican por debajo de la losa y sirven como base a las columnas de la superestructura. Las nervaduras son vigas de sección rectangular, la cual difícil de replicar en una excavación por sus dimensiones pequeñas, por lo que se ha asumido la existencia adicional de excavaciones con un ángulo de inclinación de 45° a cada lado de la sección rectangular a excavar. Éste espacio adicional se considerará también para el proceso constructivo de vaciado de concreto de losa. Además, se añadirá un solado de 0.05m para las nervaduras con el fin de cumplir con el recubrimiento respecto del suelo.

6.2 Metrados

A continuación, se presenta el resumen de metrados para las alternativas de zapatas aisladas-conectadas-combinadas y losa de cimentación en la tabla 20 y 21 respectivamente.

Tabla 20: Metrados de zapatas aisladas, conectadas y combinadas

PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UNID	CANT.
01.00.00	MOVIMIENTOS DE TIERRA		
01.01.00	EXCAVACIONES		
01.01.01	Excavación de Zapatas y zanjas	m3	426.17
01.02.00	RELLENOS		
01.02.01	Rellenos con material propio	m3	279.06
01.03.00	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	154.47
02.00.00	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE		
02.01.00	CIMIENTOS CORRIDOS		
02.03.01	Concreto Ciclópeo 1:6+30%PG	m3	12.79
02.02.00	ZAPATAS		
02.02.01	Concreto pobre p/ solados e=0.05m C:H, 1:12	m2	164.31
02.03.00	SOBRECIMENTOS ARMADOS		
02.03.01	Concreto p/ Sobrecimientos Reforzados f'c=140 kg/cm ²	m3	1.46
02.03.02	Encofrado y Desencofrado	m2	19.42
02.03.03	Acero	Kg	146.16
02.04.00	SOBRECIMENTOS		
02.04.01	CONCRETO CICLOPEO 1:6+30%PG	m3	1.36
02.04.02	Encofrado y Desencofrado	m2	18.18
03.00.00	OBRAS DE CONCRETO ARMADO		
03.01.00	ZAPATAS		
03.01.01	Concreto f'c=210 kg/cm ²	m3	98.58
03.01.02	Encofrado	m2	152.08
03.01.03	Acero en zapatas	Kg	3019.39
03.02.00	VIGAS DE CIMENTACION		
03.02.01	Concreto f'c=210 kg/cm ²	m3	0.59
03.02.02	Concreto pobre p/ solados e=0.05m C:H, 1:12	m3	1.18
03.02.03	Encofrado y Desencofrado	m2	4.73
03.02.04	Acero	Kg	239.57

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21: Metrados para alternativa de losa de cimentación

PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UNID.	CANT.
01.00.00	MOVIMIENTOS DE TIERRA		
01.01.00	EXCAVACIONES		
01.01.01	Excavación para losa de cimentación	m3	98.94
01.02.00	Eliminación De Material Excedente	m3	103.89
02.00.00	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE		
02.01.00	SOLADOS	m3	
02.01.01	Concreto pobre p/ solados e=0.05m C:H, 1:12	m2	2.17
02.02.00	SOBRECIMENTOS		
02.02.01	Concreto Ciclópeo 1:6+30%PG	m3	0.76
02.02.03	Encofrado y Desencofrado	m2	10.14
03.00.00	OBRAS DE CONCRETO ARMADO		
03.01.00	LOSA DE CIMENTACION		
03.01.01	Concreto f _c =210 kg/cm ²	m3	68.74
03.01.03	Acero en losa	Kg	8269.06
03.02.00	VIGAS DE NERVADURA		
03.02.01	Concreto f _c =210 kg/cm ²	m3	40.86

Fuente: Elaboración Propia

6.3 Cotización de Alternativas

Se obtuvieron los costos de cada partida y con el metrado previamente cuantificado se calculó el costo total de cada alternativa de cimentación mostrándolos en las Tablas 22 y 23. Para el detalle de los Análisis de precios Unitarios utilizados revisar el Anexo N°3.

Tabla 22: Presupuesto de zapatas aisladas, conectadas y combinadas

PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UNID.	CANT.	COSTO	
				UNITARIO	PARCIAL
01.00.00	MOVIMIENTOS DE TIERRA				
01.01.00	EXCAVACIONES				
01.01.01	Excavación de Zapatas y zanjas	m3	426.17	S/36.74	S/15,656.21
01.02.00	RELLENOS				
01.02.01	Rellenos con material propio	m3	279.06	S/24.23	S/6,761.34
01.03.00	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	154.47	S/13.04	S/2,013.70

02.00.00	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
02.01.00	CIMENTOS CORRIDOS				
02.03.01	Concreto Ciclópeo 1:6+30%PG	m3	12.79	S/154.58	S/1,976.47
02.02.00	ZAPATAS				
02.02.01	Concreto pobre p/ solados e=0.05m C:H, 1:12	m2	164.31	S/14.96	S/2,457.94
02.03.00	SOBRECIMENTOS ARMADOS				
02.03.01	Concreto p/ Sobrecimientos Reforzados f'c=140 kg/cm2	m3	1.46	S/248.24	S/361.66
02.03.02	Encofrado y Desencofrado	m2	19.42	S/43.79	S/850.61
02.03.03	Acero	Kg	146.16	S/3.41	S/498.46
02.04.00	SOBRECIMENTOS CONCRETO CICLOPEO				
02.04.01	1:6+30%PG	m3	1.36	S/154.58	S/210.80
02.04.02	Encofrado y Desencofrado	m2	18.18	S/43.79	S/796.22
03.00.00	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
03.01.00	ZAPATAS				
03.01.01	Concreto f'c=210 kg/cm2	m3	98.58	S/293.84	S/28,967.72
03.01.02	Encofrado	m2	152.08	S/43.79	S/6,659.53
03.01.03	Acero en zapatas	Kg	3019.39	S/3.41	S/10,297.33
03.02.00	VIGAS DE CIMENTACION				
03.02.01	Concreto f'c=210 kg/cm2	m3	0.59	S/328.38	S/194.04
03.02.02	Concreto pobre p/ solados e=0.05m C:H, 1:12	m3	1.18	S/14.96	S/17.68
03.02.03	Encofrado y Desencofrado	m2	4.73	S/43.79	S/206.97
03.02.04	Acero	Kg	239.57	S/3.41	S/817.03
COSTO DIRECTO		S/78,743.70			
IGV (18%)		S/14,173.87			
GASTOS GENERALES (15%)		S/11,811.56			
TOTAL		S/104,729.13			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23: Presupuesto para alternativa de Losa de Cimentación

PARTIDA	ESPECIFICACIONES	UNID.	CANT.	COSTO	
				UNITARIO	PARCIAL
01.00.00	MOVIMIENTOS DE TIERRA				
01.01.00	EXCAVACIONES				
01.01.01	Excavación para losa de cimentación	m3	98.94	S/36.74	S/3,634.78
01.02.00	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	103.89	S/13.04	S/1,354.30
02.00.00	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
02.01.00	SOLADOS	m3			
02.01.01	Concreto pobre p/ solados e=0.05m C:H, 1:12	m2	2.17	S/14.96	S/32.48
02.02.00	SOBRECIMENTOS				
02.02.01	Concreto Ciclópeo 1:6+30%PG	m3	0.76	S/154.58	S/117.55
02.02.03	Encofrado y Desencofrado	m2	10.14	S/43.79	S/444.00
03.00.00	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
03.01.00	LOSA DE CIMENTACION				
03.01.01	Concreto f'c=210 kg/cm2	m3	68.74	S/293.84	S/20,197.59
03.01.03	Acero en losa	Kg	8269.06	S/3.41	S/28,200.80
03.02.00	VIGAS DE NERVADURA				
03.02.01	Concreto f'c=210 kg/cm2	m3	40.86	S/328.38	S/13,418.91
03.02.03	Acero	Kg	2193.50	S/3.41	S/7,480.71
COSTO DIRECTO				S/74,881.12	
IGV (18%)				S/13,478.60	
GASTOS GENERALES (15%)				S/11,232.17	
TOTAL				S/99,591.89	

Fuente: Elaboración Propia

De esta manera se obtiene el resumen comparativo de las dos alternativas en la Tabla 24.

Tabla 24: Resumen comparativo

Alternativa de cimentación	Costo total	Diferencia	Porcentaje
Zapatas aisladas, combinadas y conectadas	S/104,729.13	S/5,137.24	5.16%
Losa de cimentación	S/99,591.89		

Fuente: Elaboración Propia

6.4 Discusión y contrastación de Hipótesis

Se rechaza la hipótesis general puesto que, luego del modelamiento, diseño y posterior análisis económico, la alternativa comprendida por zapatas aisladas, conectadas y combinadas resulta, aunque por sólo 5.16%, más costosa que la alternativa de losa de cimentación, esto es debido principalmente al mayor requerimiento de concreto armado por parte de las zapatas en comparación a la alternativa de losa de cimentación. Otro factor que contribuye a esto es la necesidad de excavar todo el terreno a una profundidad de 1.50m, contribuyendo al incremento en costos.

Se comprueba la primera hipótesis específica, ya que el espesor de la Losa de cimentación diseñada (0.25cm) resultó ser menor al 50% del espesor de las zapatas proyectadas, siendo exactamente 41.67% de éste último.

Se rechaza la segunda hipótesis específica, dado que la cantidad de concreto utilizada para zapatas y vigas de cimentación en la alternativa Zapatas aisladas, conectadas y combinadas resulta 99.17 m³, que es apenas 9.52% menor a la cantidad de concreto utilizada para la Losa de cimentación (la cual resultó 109.60 m³ considerando concreto para losa y nervaduras).

Se comprueba la tercera hipótesis específica, siendo que el costo del acero para la Losa de cimentación y sus nervaduras asciende a S/ 35,681.51, cantidad que representa el 35.83% (mayor al 20%) del costo total de ésta alternativa, el cual resultó ser S/99,591.89.

CONCLUSIONES

- 1) Las dimensiones de las zapatas en planta son variables, con un espesor constante de 0.60m, mientras que la Losa de cimentación se extiende por todo el terreno con un espesor de 0.25m en conjunto con sus nervaduras, las cuales tienen una sección típica de 0.30 x 0.60m, éstas medidas son justificadas principalmente por la comprobación de punzonamiento.
- 2) El volumen de concreto a utilizar en la Losa de cimentación es sólo 9.52% mayor al de la alternativa de Zapatas aisladas, combinadas y conectadas, a pesar de que la Losa abarca todo el terreno. Esto se debe a que el diseño requiere zapatas aisladas cuadradas de 2.00 a 2.55m de lado, zapatas conectadas de 5.00 x 2.15 x 0.60m y una zapata continua perimetral, las cuales están ubicadas muy juntas unas a las otras.
- 3) El acero representa el 35.83% del costo total en la cotización de Losa de cimentación, esto es debido a que es necesario el uso de una doble malla de acero de 5/8" cada 20 cm para la construcción de ésta cimentación.
- 4) Al obtener como resultado que la alternativa Losa de cimentación es más económica que la alternativa de zapatas aisladas conectadas, y combinadas en un 5.16%, se concluye que ésta es la mejor alternativa para utilizar como cimentación del proyecto edificio multifamiliar: Marañón de Huamachuco.

RECOMENDACIONES

- 1) Los resultados del análisis estructural en la alternativa de losa de cimentación muestran que el modelo cumple con un margen amplio las comprobaciones necesarias, por lo que sería recomendable optimizarlo realizando un análisis más preciso de las secciones de concreto y cuantías de acero necesarias.
- 2) La alternativa de zapatas aisladas, combinadas y conectadas contiene 26 elementos estructurales individuales mientras que la losa de cimentación es un solo elemento, esto quiere decir que ésta alternativa es más compleja de construir, lo cual tiende a significar mayor tiempo necesario para su realización, además de estar más propensa a errores de construcción, por lo que en este proyecto no es recomendable utilizarla.
- 3) Se observa que la alternativa de losa de cimentación necesita una cantidad importante de acero para su construcción, esto indica que el análisis realizado está sujeto fuertemente a la variación del precio de éste material, siendo desaconsejable su consideración en circunstancias donde el acero sea de difícil obtención, o si éste aumenta ligeramente de precio.
- 4) Debido a que la alternativa losa de cimentación es la alternativa más económica por una diferencia del 5.16%, es recomendable su uso para éste proyecto.
- 5) Se recomienda tomar en cuenta las alternativas que incluyen reforzamiento y modificación del terreno en conjunto con alternativas de cimentaciones para futuras investigaciones, ya que son también opciones válidas para brindar solución a un terreno con baja capacidad portante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bowles, L. E. (1997). *Foundation Analysis and Design*. Singapore: McGraw-Hill.
- Das, B. M. (1999). *Principles of Foundation Engineering*. California: PWS Publishing.
- Demeneghi, A. (09 de 10 de 2017). *Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C.*
Obtenido de http://www.smie.org.mx/SMIE_Articulos/cu/cu_20/te_01/ar_01.pdf
- Echezuría, H., López, I., & Cárdenas, J. (2016). *Construcción en acero*. Obtenido de https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/u11/ci_29._coeficientes_de_balasto_para_fundaciones.pdf
- El-Reedy, M. (2009). *Advanced materials and techniques for reinforced concrete structures*. Bosa Roca: Taylor & Francis Inc.
- Hanson, R., Peck, W., & Thornburn, T. H. (1974). *Ingeniería de cimentaciones*. New York: Wiley.
- Islam, M. S., Ahmed, M., Uddin, M. M., & Khanum, M. (2016). *Cost Effective Foundation On Problematic Soil of Reclaimed Areas un Dhaka City*. Chittatong: Chittagong University of Engineering and Technology.
- Leoni, J. (2000). *Apunte de Coeficiente de Balasto*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata.
- McCormac, J. C., & Brown, R. (2011). *Diseño de concreto reforzado*. New Jersey: Wiley.
- Miranda, E. (1995). *Conceptos Básicos Sobre Interacción Dinámica Suelo-Estructura*. Mexico D.F.: Centro Nacional de Prevención de Desastres CNPD.
- National Institute of Standards and Technology . (2012). *Soil-Structure Interaction for Building Structures*. Gaithersburg: U.S. Department of Commerce .
- Ortiz, R. (2017). *Influencia del nivel freático en la Determinación de Capacidad Portante de Suelos, en Cimentaciones Superficiales*. (Tesis de pregrado), Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Puémape, L. (2015). *Cimentación de edificaciones en terreno con Napa Freática alta - aplicación al condominio Ciudad Verde*. (Tesis de pregrado), Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Reese, L. C., Isenhower, W. M., & Wang, S. T. (2006). *Analysis and design of shallow and deep foundations*. New Jersey: Wiley.
- Soriano, A. (1989). *Interacción suelo-estructura. Modificación del movimiento*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. New York: Wiley.

- Tromp, R., & Watermeyer, B. (1992). *A systematic approach to the design and construction of single storey residential masonry structures on problem soils*. South-Africa: Die siviele ingenieur.
- Tubbergh, C. V. (2012). *The effect of soil conditions on the cost of construction projects*. Singapore: McGraw-Hill.
- Velasquez, F. (2018). *Eficiencia Teórica de Cuatro Tipos de Cimentación Superficial Para una Institución Educativa*. (Tesis de pregrado), Lima: Universidad Privada del Norte.
- Yepes, V. (2016). *Procedimientos de Construcción de cimentaciones y estructuras de contención*. Valencia: Universitat Politècnica de València.

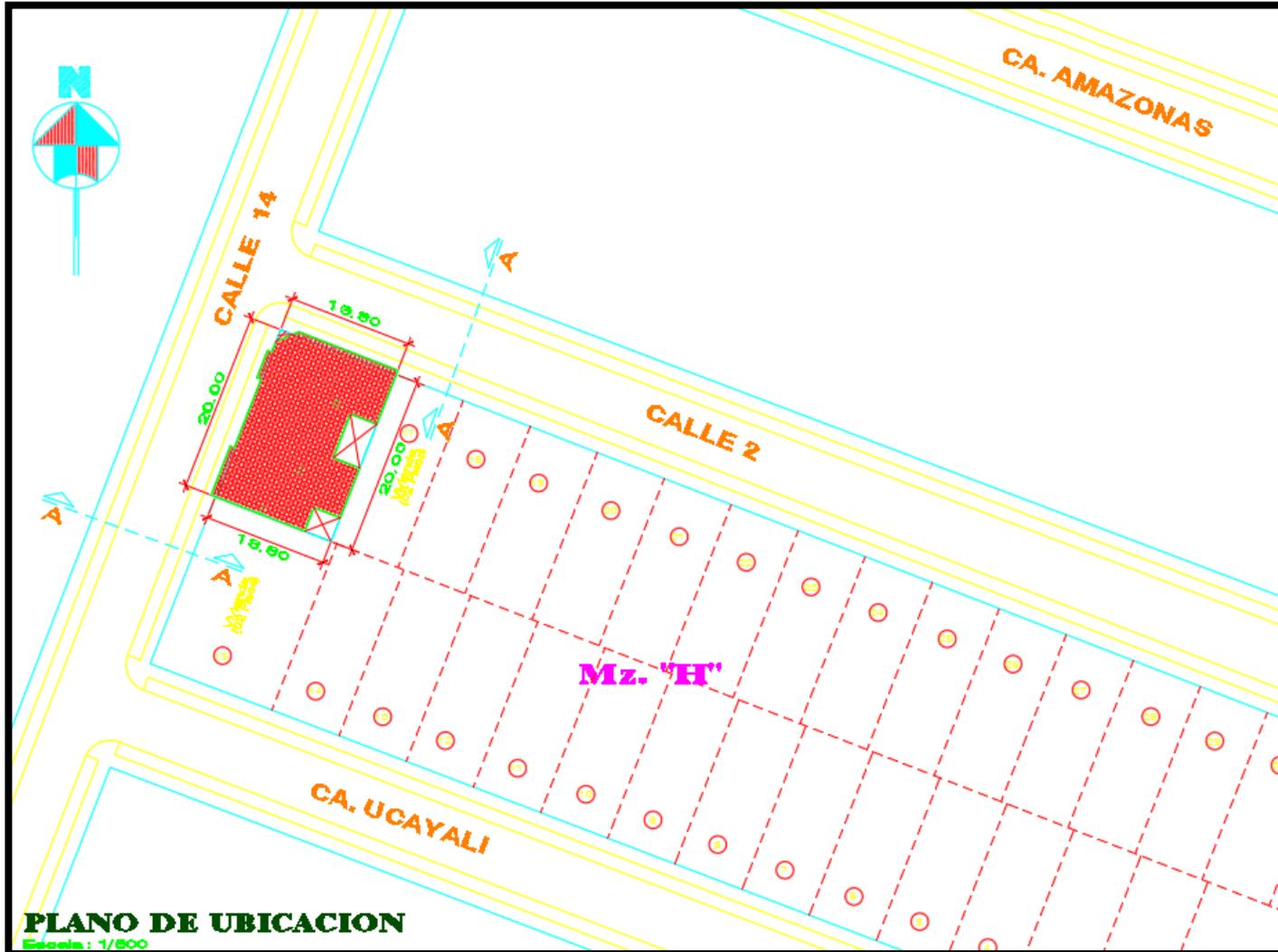
ANEXOS

ANEXO I: Matriz de Consistencia.....	I
ANEXO II: Plano de Ubicación.....	II
ANEXO III: Análisis de Precios Unitarios	III
ANEXO IV: Precios de Referencia.....	IX
ANEXO V: Estudio de Suelos	X
ANEXO VI: Planos de Arquitectura y Cimentaciones	XI

ANEXO I: Matriz de Consistencia

FORMULACION DEL PROBLEMA	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
GENERAL	¿Cuál es el tipo de cimentación que cumple los requisitos estructurales mínimos por el menor precio posible para el diseño del edificio multifamiliar: "Marañón de Huamachuco" ubicado en La Perla, Callao, al 2019?	Determinar la alternativa de diseño de cimentación más económica y que cumpla los requisitos estructurales del edificio multifamiliar: "Marañón de Huamachuco" ubicado en La Perla, Callao, al 2019.	La alternativa "Zapatas Aisladas, Combinadas y Conectadas", será la cimentación más económica para el edificio multifamiliar "Marañón de Huamachuco"	V. Ind: Alternativas de solución V. Dep: Estudio Técnico-Económico	I.V. Ind: Costo total de alternativa I.V. Dep: Selección de alternativa	<ul style="list-style-type: none"> • Cuantitativa: Se utilizarán valores numéricos y mediciones que, mediante un proceso, se convertirán en datos para efectuar una conclusión. • Es transversal: Se recaudará datos de variables sobre un edificio que actúa como muestra de una población. • Es descriptiva: Ya que se pretende medir y especificar las características de cada alternativa. • Experimental: Se manipulará una o más variables de manera que se pueda analizar la influencia de ésta sobre otras. • Correlacional: Al estudiar los efectos de alternar cimentaciones en el precio final de cada diseño de edificio.
ESPECÍFICO	¿Qué configuración estructural cumple los requisitos mínimos estructurales para cada alternativa de cimentación de la edificación multifamiliar "Marañón de Huamachuco"?	Conocer para cada alternativa de cimentación, las áreas y dimensiones que cumplen las solicitaciones estructurales de la edificación multifamiliar "Marañón de Huamachuco"	La Losa de cimentación contará con un espesor menor al 50% de el de las zapatas utilizadas en la alternativa de "Zapatas aisladas, combinadas y conectadas"	V. Ind: Dimensiones de cimentacion V. Dep: Comp. Estructural	I.V. Ind: Largo, ancho, espesor I.V. Dep: Fuerzas axiales, internas, cortantes y Momentos Flectores	
	¿Cuál es el metrado para cada diseño de alternativa de cimentacion para la edificación multifamiliar "Marañón de Huamachuco"?	Cuantificar las cantidades de materiales necesarios para la realización de cada alternativa de cimentación la edificación multifamiliar "Marañón de Huamachuco"	La alternativa "Zapatas aisladas, conectadas y combinadas" ocupará 20% menos de concreto armado ($f'c=210 \text{ kg/cm}^2$) que la alternativa "Losa de Cimentación".	V. Ind: Materiales V. Dep: Metrado	I.V. Ind: Concreto, Acero, Madera I.V. Dep: Volumen, Peso, Área, Distancia	
	¿Cuál es el precio para cada alternativa de cimentación de la edificación multifamiliar "Marañón de Huamachuco"?	Determinar el costo de cada alternativa de cimentación de la edificación multifamiliar "Marañón de Huamachuco"	El costo del acero representará más del 20% del costo total de la alternativa "Losa de cimentación".	V. Ind: Partidas de construcción V. Dep: Costo	I.V. Ind: Proceso Constructivo I.V. Dep: Costo de cada Partida	

ANEXO II: Plano de Ubicación



ANEXO III: Análisis de Precios Unitarios

PARTIDA		CONCRETO F'C 210 KG/CM2				UNIDAD
ESPECIFICACIONES		CON MEZCLADORA DE CONCRETO Y VIBRADOR DE CONCRETO				Mezcladora de 9-11p3
CUADRILLA		CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL	PEON	OPER EQ LIV
PREP. Y VACIADO		0.2	2	2	8	2
RENDIMIENTO		25 m3/dia				
DESCRIPCION	UNID	CANT	P.UNIT.	PARCIAL	TOTAL	
MATERIALES					S/. 236.99	
CEMENTO	BLS	9.72	S/. 19.07	S/. 185.37		
ARENA GRUESA	M3	0.55	S/. 42.37	S/. 23.33		
PIEDRA CHANCADA	M3	0.55	S/. 50.00	S/. 27.53		
AGUA	M3	0.19	S/. 4.10	S/. 0.76		
MANO DE OBRA					S/. 47.80	
CAPATAZ	hh	0.0640	S/. 17.71	S/. 1.13		
OPERARIO	hh	0.6400	S/. 12.50	S/. 8.00		
OFICIAL	hh	0.6400	S/. 10.42	S/. 6.67		
PEON	hh	2.5600	S/. 9.38	S/. 24.00		
OPER EQ LIV	hh	0.6400	S/. 12.50	S/. 8.00		
EQUIPO, HERRAMIENTAS					S/. 9.05	
Mezcladora de 9-11p3 (1)	hm	0.320	S/. 15.05	S/. 4.82		
VIBRADOR DE CONCRETO	hm	0.320	S/. 8.74	S/. 2.80		
HERRAMIENTAS 3% M. OBRA		0.03	S/. 47.80	S/. 1.43		
TOTAL					S/. 293.84	

PARTIDA		ACERO GRADO 60				UNIDAD
ESPECIFICACIONES		FIERRO 5/8"(PROMEDIO) POR 9.00M CORATDO CON CIZALLA				
CUADRILLA		CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL	PEON	OPER EQ LIV
HABILITACION		0.1	1	1	0	0
COLOCACION		0.1	1	1	0	0
RENDIMIENTO HABILITACION		250 kg/dia				
RENDIMIENTO COLOCACION		250 kg/dia				
DESCRIPCION	UNID	CANT	P.UNIT.	PARCIAL	TOTAL	
MATERIALES					S/. 1.56	
FIERRO CORRUGADO DE 5/8	KG	1.07	S/. 1.30	S/. 1.39		
ALAMBRE NEGRO	KG	0.06	S/. 2.80	S/. 0.17		
MANO DE OBRA					S/. 1.58	
CAPATAZ	hh	0.0064	S/. 17.71	S/. 0.11		
OPERARIO	hh	0.0640	S/. 12.50	S/. 0.80		
OFICIAL	hh	0.0640	S/. 10.42	S/. 0.67		
EQUIPO, HERRAMIENTAS					S/. 0.27	
CIZALLA	hm	0.032	S/. 7.00	S/. 0.22		
HERRAMIENTAS 3% M. OBRA		0.03	S/. 1.58	S/. 0.05		
TOTAL					S/. 3.41	

PARTIDA		CONC. PARA VIGA DE CIMENTAC. DE F'C 210 KG/CM2				UNIDAD
ESPECIFICACIONES		CON MEZCLADORA DE CONCRETO				Mezcladora de 9-11p3
		Y VIBRADOR DE CONCRETO				
CUADRILLA	CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL	PEON	OPER EQ LIV	
PREP. Y VACIADO	0.2	2	2	10	3	
CURADO	0.1	0	0	1	0	
RENDIMIENTO VACIADO	20 m3/dia					
RENDIMIENTO CURADO	40 m3/dia					
DESCRIPCION	UNID	CANT	P.UNIT.	PARCIAL	TOTAL	
MATERIALES						S/. 236.99
CEMENTO	BLS	9.72	S/. 19.07	S/. 185.37		
ARENA GRUESA	M3	0.55	S/. 42.37	S/. 23.33		
PIEDRA CHANCADA	M3	0.55	S/. 50.00	S/. 27.53		
AGUA	M3	0.186	S/. 4.10	S/. 0.76		
MANO DE OBRA						S/. 74.48
CAPATAZ	hh	0.1000	S/. 17.71	S/. 1.77		
OPERARIO	hh	0.8000	S/. 12.50	S/. 10.00		
OFICIAL	hh	0.8000	S/. 10.42	S/. 8.33		
PEON	hh	4.2000	S/. 9.38	S/. 39.38		
OPER EQ LIV	hh	1.2000	S/. 12.50	S/. 15.00		
EQUIPO, HERRAMIENTAS						S/. 16.91
Mezcladora de 9-11p3 (1)	hm	0.400	S/. 15.05	S/. 6.02		
VIBRADOR DE CONCRETO	hm	0.400	S/. 8.74	S/. 3.50		
WINCHE DE 2 TAMBORES	hm	0.400	S/. 12.90	S/. 5.16		
HERRAMIENTAS 3% M. OBRA		0.03	S/. 74.48	S/. 2.23		
TOTAL					S/. 328.38	

PARTIDA		Losa maciza DE F'C 210 KG/CM2				UNIDAD
ESPECIFICACIONES		CON MEZCLADORA DE CONCRETO				Mezcladora de 9-11p3
		Y VIBRADOR DE CONCRETO				
CUADRILLA	CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL	PEON	OPER EQ LIV	
PREP. Y VACIADO	0.2	2	2	10	3	
CURADO	0.1	0	0	1	0	
RENDIMIENTO COLOCACION	20 m3/dia					
RENDIMIENTO CURADO	40 m3/dia					
DESCRIPCION	UNID	CANT	P.UNIT.	PARCIAL	TOTAL	
MATERIALES						S/. 236.99
CEMENTO	BLS	9.72	S/. 19.07	S/. 185.37		
ARENA GRUESA	M3	0.55	S/. 42.37	S/. 23.33		
PIEDRA CHANCADA	M3	0.55	S/. 50.00	S/. 27.53		
AGUA	M3	0.19	S/. 4.10	S/. 0.76		
MANO DE OBRA						S/. 74.48
CAPATAZ	hh	0.1000	S/. 17.71	S/. 1.77		
OPERARIO	hh	0.8000	S/. 12.50	S/. 10.00		
OFICIAL	hh	0.8000	S/. 10.42	S/. 8.33		
PEON	hh	4.2000	S/. 9.38	S/. 39.38		
OPER EQ LIV	hh	1.2000	S/. 12.50	S/. 15.00		
EQUIPO, HERRAMIENTAS						S/. 16.91
Mezcladora de 9-11p3 (1)	hm	0.400	S/. 15.05	S/. 6.02		
VIBRADOR DE CONCRETO	hm	0.400	S/. 8.74	S/. 3.50		
WINCHE DE 2 TAMBORES	hm	0.400	S/. 12.90	S/. 5.16		
HERRAMIENTAS 3% M. OBRA		0.03	S/. 74.48	S/. 2.23		
TOTAL					S/. 328.38	

PARTIDA ESPECIFICACIONES					EXCAVACION MANUAL MATERIAL SUELTO h=1.50	UNIDAD M3
CUADRILLA	CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL	PEON	OPER EQ LIV	
	0.1	0	0	1	0	
RENDIMIENTO						2.5 m3/dia
DESCRIPCION	UNID	CANT	P.UNIT.	PARCIAL	TOTAL	
MANO DE OBRA						S/. 35.67
CAPATAZ	hh	0.3200	S/. 17.71	S/. 5.67		
PEON	hh	3.2000	S/. 9.38	S/. 30.00		
EQUIPO, HERRAMIENTAS						S/. 1.07
HERRAMIENTAS 3% M. OBRA		0.03	S/. 35.67	S/. 1.07		
TOTAL						S/. 36.74

PARTIDA ESPECIFICACIONES					RELLENO COMPACTADO MAT PROPIO COMPAC 4 HP	UNIDAD M3
CUADRILLA	CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL	PEON	OPER EQ LIV	
	0.1	0	0	2	1	
RENDIMIENTO						18 m3/dia
DESCRIPCION	UNID	CANT	P.UNIT.	PARCIAL	TOTAL	
MATERIALES						S/. 0.76
AGUA	M3	0.19	S/. 4.10	S/. 0.76		
MANO DE OBRA						S/. 14.68
CAPATAZ	hh	0.0444	S/. 17.71	S/. 0.79		
OP. EQ. LIVIANO	hh	0.4444	S/. 12.50	S/. 5.56		
PEON	hh	0.8889	S/. 9.38	S/. 8.33		
EQUIPO, HERRAMIENTAS						S/. 8.79
COMPAQ. VIB. TIPO PLANCHA 4.0 H	HM	0.44	S/. 18.79	S/. 8.35		
HERRAMIENTAS 3% M. OBRA		0.03	S/. 14.68	S/. 0.44		
TOTAL						S/. 24.23

PARTIDA ESPECIFICACIONES					ELIM. MAT EXC. CARG 135HP/ VOLQ 6M3 D=5KM	UNIDAD M3
CUADRILLA	CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL	PEON	OPER EQ LIV	
	0.1	0	0	2	0	
RENDIMIENTO						384 m3/dia
DESCRIPCION	UNID	CANT	P.UNIT.	PARCIAL	TOTAL	
MANO DE OBRA						S/. 0.43
CAPATAZ	hh	0.0021	S/. 17.71	S/. 0.04		
PEON	hh	0.0417	S/. 9.38	S/. 0.39		
EQUIPO, HERRAMIENTAS						S/. 12.61
CAMION VOLQ 210 HP X 6M3	HM	0.08	S/. 151.21	S/. 12.60		
HERRAMIENTAS 3% M. OBRA		0.03	S/. 0.43	S/. 0.01		
TOTAL						S/. 13.04

PARTIDA		CONCRETO CICLOPEO 1:6+30%PG				UNIDAD
ESPECIFICACIONES						M3
CUADRILLA	CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL	PEON	OPER EQ LIV	
	0.1	2	1	8	1	
RENDIMIENTO		25 m3/dia				
DESCRIPCION	UNID	CANT	P.UNIT.	PARCIAL	TOTAL	
MATERIALES					S/. 108.67	
CEMENTO	BLS	4.29	S/. 19.07	S/. 81.81		
HORMIGON	M3	0.73	S/. 36.02	S/. 26.26		
AGUA	M3	0.146	S/. 4.10	S/. 0.60		
PIEDRA GRANDE	M3	4.760	S/. 50.00	S/. 238.00		
MANO DE OBRA					S/. 39.90	
CAPATAZ	hh	0.0320	S/. 17.71	S/. 0.57		
OPERARIO	hh	0.6400	S/. 12.50	S/. 8.00		
OFICIAL	hh	0.3200	S/. 10.42	S/. 3.33		
PEON	hh	2.5600	S/. 9.38	S/. 24.00		
OPER EQ LIV	hh	0.3200	S/. 12.50	S/. 4.00		
EQUIPO, HERRAMIENTAS					S/. 6.01	
Mezcladora de 9-11p3 (1)	hm	0.320	S/. 15.05	S/. 4.82		
HERRAMIENTAS 3% M. OBRA		0.03	S/. 39.90	S/. 1.20		
TOTAL					S/. 154.58	

PARTIDA		ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL				UNIDAD
ESPECIFICACIONES						M2
CUADRILLA	CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL	PEON	OPER EQ LIV	
	0.1	1	1	0	0	
RENDIMIENTO		14 m2/dia				
DESCRIPCION	UNID	CANT	P.UNIT.	PARCIAL	TOTAL	
MATERIALES					S/. 24.02	
MADERA TORNILLO	P2	4.03	S/. 5.72	S/. 23.05		
CLAVOS 3"	KG	0.15	S/. 4.60	S/. 0.69		
ALAMBRE NEGRO	KG	0.10	S/. 2.80	S/. 0.28		
MANO DE OBRA					S/. 19.19	
CAPATAZ	hh	0.0571	S/. 17.71	S/. 1.01		
OPERARIO	hh	0.5714	S/. 12.50	S/. 7.14		
OFICIAL	hh	0.5714	S/. 10.42	S/. 5.95		
DEENCOFRADO DE ZAPATAS		1.0000	S/. 5.09	S/. 5.09		
EQUIPO, HERRAMIENTAS					S/. 0.58	
HERRAMIENTAS 3% M. OBRA		0.03	S/. 19.19	S/. 0.58		
TOTAL					S/. 43.79	

PARTIDA		DESENCOFRADO NORMAL				UNIDAD
ESPECIFICACIONES						M2
CUADRILLA	CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL	PEON	OPER EQ LIV	
	0.1	1	1	0	0	
RENDIMIENTO		40 m2/dia				
DESCRIPCION	UNID	CANT	P.UNIT.	PARCIAL	TOTAL	
MANO DE OBRA					S/. 4.94	
CAPATAZ	hh	0.0200	S/. 17.71	S/. 0.35		
OPERARIO	hh	0.2000	S/. 12.50	S/. 2.50		
OFICIAL	hh	0.2000	S/. 10.42	S/. 2.08		
EQUIPO, HERRAMIENTAS						S/. 0.15
HERRAMIENTAS 3% M. OBRA		0.03	S/. 4.94	S/. 0.15		
TOTAL					S/. 5.09	

PARTIDA		CONCRETO POBRE P/ SOLADOS E=0.05M C:H, 1:12				UNIDAD
ESPECIFICACIONES						M2
CUADRILLA	CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL	PEON	OPER EQ LIV	
	0.2	2	1	8	1	
RENDIMIENTO		120 m2/dia				
DESCRIPCION	UNID	CANT	P.UNIT.	PARCIAL	TOTAL	
MATERIALES					S/. 5.27	
CEMENTO	BLS	0.1520	S/. 19.07	S/. 2.90		
HORMIGON	M3	0.0650	S/. 36.02	S/. 2.34		
AGUA	M3	0.0080	S/. 4.10	S/. 0.03		
MANO DE OBRA					S/. 8.43	
CAPATAZ	hh	0.0133	S/. 17.71	S/. 0.24		
OPERARIO	hh	0.1333	S/. 12.50	S/. 1.67		
OFICIAL	hh	0.0667	S/. 10.42	S/. 0.69		
PEON	hh	0.5333	S/. 9.38	S/. 5.00		
OPER EQ LIV	hh	0.0667	S/. 12.50	S/. 0.83		
EQUIPO, HERRAMIENTAS						S/. 1.26
Mezcladora de 9-11p3 (1)	hm	0.067	S/. 15.05	S/. 1.00		
HERRAMIENTAS 3% M. OBRA		0.03	S/. 8.43	S/. 0.25		
TOTAL					S/. 14.96	

PARTIDA		CONCRETO P/SOBRECIMIENTO REFORZADOS F'C=140 KG/CM2				UNIDAD
ESPECIFICACIONES						M3
CUADRILLA	CAPATAZ	OPERARIO	OFICIAL	PEON	OPER EQ LIV	
	0.1	2	1	8	2	
RENDIMIENTO		25 m3/dia				
DESCRIPCION	UNID	CANT	P.UNIT.	PARCIAL	TOTAL	
MATERIALES					S/. 195.41	
CEMENTO	BLS	7.00	S/. 19.07	S/. 133.49		
ARENA GRUESA	M3	0.50	S/. 42.37	S/. 21.19		
AGUA	M3	0.180	S/. 4.10	S/. 0.74		
PIEDRA CHANCADA	M4	0.800	S/. 50.00	S/. 40.00		
MANO DE OBRA					S/. 43.90	
CAPATAZ	hh	0.0320	S/. 17.71	S/. 0.57		
OPERARIO	hh	0.6400	S/. 12.50	S/. 8.00		
OFICIAL	hh	0.3200	S/. 10.42	S/. 3.33		
PEON	hh	2.5600	S/. 9.38	S/. 24.00		
OPER EQ LIV	hh	0.6400	S/. 12.50	S/. 8.00		
EQUIPO, HERRAMIENTAS					S/. 8.93	
Mezcladora de 9-11p3 (1)	hm	0.320	S/. 15.05	S/. 4.82		
VIBRADOR DE CONCRETO	hm	0.320	S/. 8.74	S/. 2.80		
HERRAMIENTAS 3% M. OBRA		0.03	S/. 43.90	S/. 1.32		
TOTAL					S/. 248.24	

ANEXO IV: Precios de Referencia

MATERIALES	P. PUESTO EN OBRA	UNIDADES	P. SIN IGV
CEMENTO	S/22.50	BOLSA	S/19.07
HORMIGON	S/42.50	M3	S/36.02
AGUA	S/4.84	M3	S/4.10
OCRE	S/7.00	KG	S/5.93
PIEDRA MEDIANA	S/50.00	M3	S/42.37
ARENA FINA	S/50.00	M3	S/42.37
MEZCLADORA	S/852.43	semana	S/15.05
P.GRANDE	S/50.00	M3	S/42.37
CAL HIDRATADA	S/21.00	BOLSA	S/17.80
ARENA GRUESA	S/50.00	M3	S/42.37
LADRILLO KK 9X14X24	S/570.00	MILLAR	S/0.00
LADRILLO KK 18 HUECOS	S/0.57	PZA	S/0.57
PIEDRA CHANCADA	S/59.00	M3	S/50.00
VIBRADORA	S/69.92	DIA	S/8.74
ACERO DE REFUERZO 5/8"	S/2.94	KG	S/2.94
ALAMBRE NEGRO	S/2.80	KG	S/2.80
CLAVOS 3"	S/4.60	KG	S/4.60
TIZA	S/3.00	BOLSA	S/3.00
MADERA TORNILLO	S/6.75	pie2	S/5.72
CAPATAZ	S/850.00	SEMANA	S/17.71
OPERARIO	S/600.00	SEMANA	S/12.50
OFICIAL	S/500.00	SEMANA	S/10.42
PEON	S/450.00	SEMANA	S/9.38
LADRILLO DE TECHO	S/2.10	pza	S/2.10
LADRILLO PASTELERO	S/1.00	pza	S/1.00
WINCHA	S/12.90	hm	S/12.90
CIZALLA		hm	S/7.00
TRIPLAY LUPUNA	S/25.00	unidades	S/25.00
Solvente	S/43.88	galon	S/43.88
Teodolito	S/8.80	hm	S/8.80
ENCOFRADO	S/20.00	M2	S/20.00
ANDAMIO METALICO	S/5.00	he	S/5.00
PETROLEO DIESEL	S/8.40	galon	S/8.40
LUBRICANTE, FILTRO Y	S/3.81	lb	S/3.81
RETROEXCAVADORA	S/151.80	hm	S/151.80
REGLA DE MADERA	S/14.58	P2	S/14.58

ANEXO V: Estudio de Suelos

ANEXO VI: Planos de Arquitectura y Cimentaciones